

突然商用化した夢のマシン

米航空宇宙局(NASA)や米グーグルが、熱い視線を注ぐ日本人研究者がいる。彼が生み出した理論が、「量子コンピュータ」を実現するきっかけとなったからだ。NASAやグーグルは、量子コンピュータに多大な期待をかけ、共同で様々な性能検証を進めている。その理由は何か――。

東京工業大学理学部長を務める西森秀稔教授。彼こそがNASAやグーグルが注目する日本人研究者だ。2014年3月下旬には、NASAとグーグルが米国に西森教授を招き、意見交換をしている。

なぜNASAやグーグルは、西森教授に注目するのか。

「西森教授が提唱した理論『量子アニーリング』が、カナダD-Wave Systemsが量子コンピュータを実現する上で、大きな役割を果たしたからだ」。西森教授を招いたNASAエイムズ研究センターのルパック・ビスワス探

索技術担当副ディレクターはこう語る。

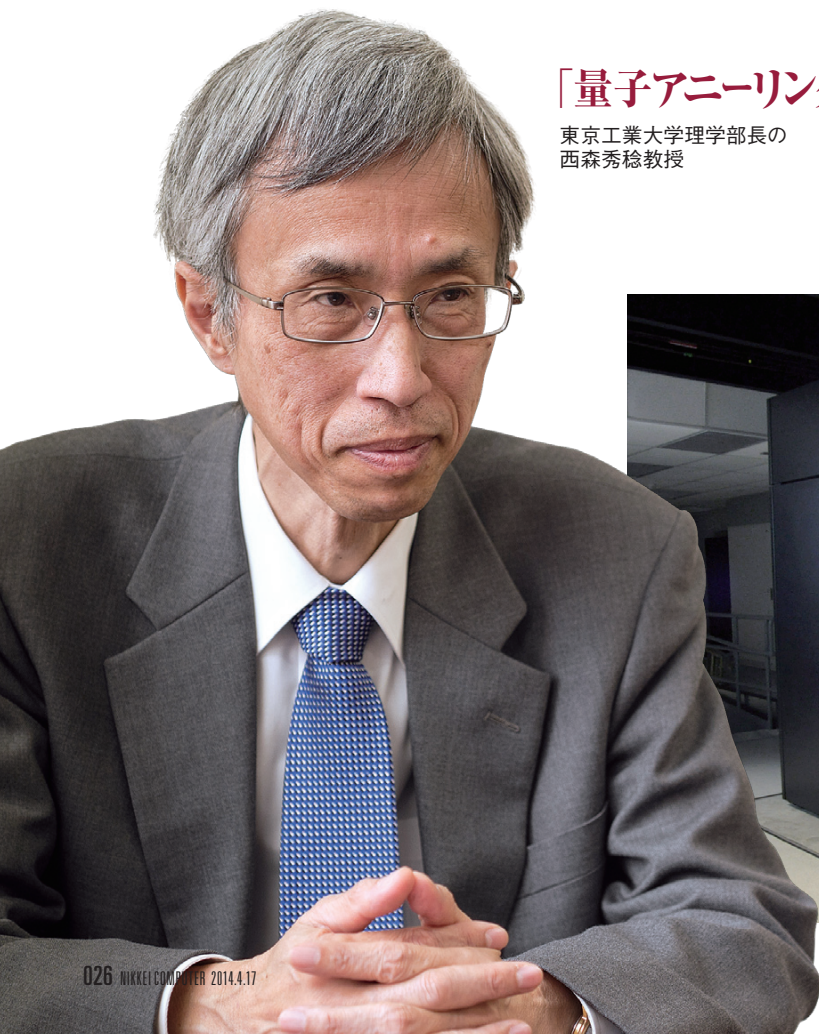
量子コンピュータとは、「量子力学」の原理を応用して演算を行うコンピュータだ。既存のコンピュータに比べて圧倒的に高速に計算できる「夢のマシン」であり、1990年代から世界中で開発が進められてきた。しかしこれまで「実現は早くも21世紀後半」と目されていた。

ところが2011年、カナダの新興企業であるD-Wave Systemsが、量子コンピュータを世界で初めて発売したと発表した。ユーザー第1号は、米ロッキードマーチンだった。

「量子アニーリング」を世界で初めて考案

東京工業大学理学部長の
西森秀稔教授

米国カリフォルニア州シリコンバレーにある米航空宇宙局(NASA)の「エイムズ研究センター」に設置された、カナダD-Wave Systemsの量子コンピュータ「D-Wave Two」。同社は西森教授の「量子アニーリング」に基づいて量子コンピュータを開発した



2013年5月には、NASAとグーグルが共同でD-Waveの量子コンピュータ(以下、D-Waveマシン)を導入したと発表した。NASAとグーグルは量子コンピュータを使って人工知能を研究する「量子人工知能研究所(QuAIL、Quantum Artificial Intelligence Lab)」も設立している。

SFのような存在と見なされていた量子コンピュータ。それが突然商用化した背景には西森教授の理論が存在した。だからNASAやグーグルが注目するのだ。

スパコンでも解けない問題を解く

D-Waveマシンに、どれぐらいのインパクトがあるのか。NASAのピスワズ副ディレクターは、「スーパーコンピュータでも解けない『組み合わせ最適化問題』が、D-Waveマシンなら解ける可能性がある」と語る。

組み合わせ最適化問題とは、複数ある組み合わせの中から、最も条件に合う組み合わせを選び出すという問題だ。一見簡単のように見えるが、実は非常に難しい。例を挙げて説明しよう。

組み合わせ最適化問題の代表例に、セールスマンが複数の都市の全てを訪問する場合に、最も距離が短くなる経路を探し出す「巡回セールスマン問題」がある(図1)。

巡回する都市が少ないと、都市の組み合わせの数が少ないので最短経路は比較的簡単に見つけ出せる。しかし都市が増えるに従って巡回経路が爆発的に増加するため、理化学研究所のスーパーコンピュータ「京」を使っても、現実的な時間で最短経路を見つけられなくなる。

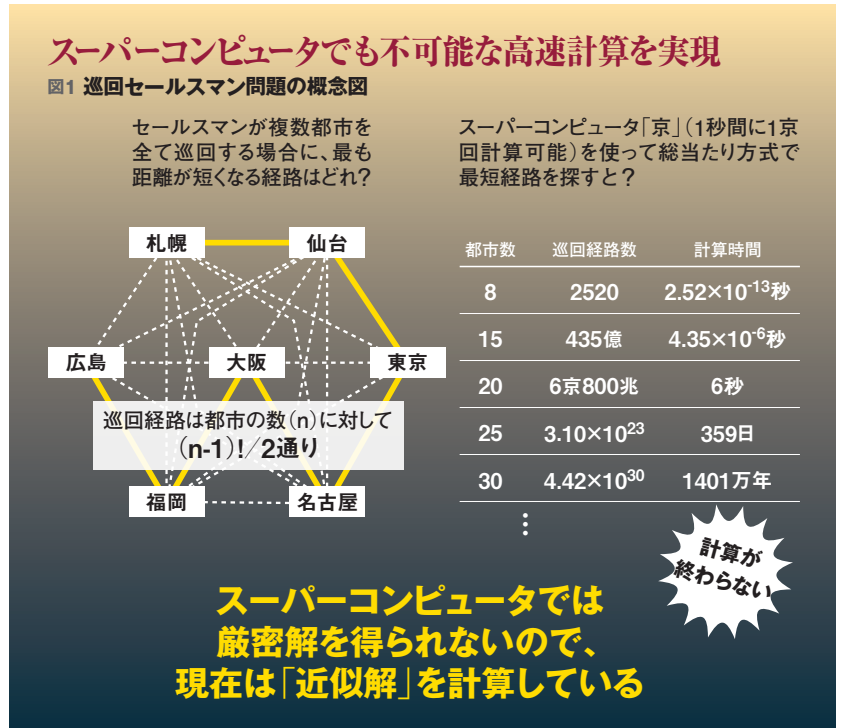
そのため現在は、数学者やコンピュータ科学者が様々なアルゴリズムを考案して、組み合わせ最適化問題の「近似解」を出そうとし

ている。例えば巡回セールスマン問題では、「最短距離よりも最大1.4倍以内の経路を見つけ出せるアルゴリズム」などが存在する。

計り知れないインパクト

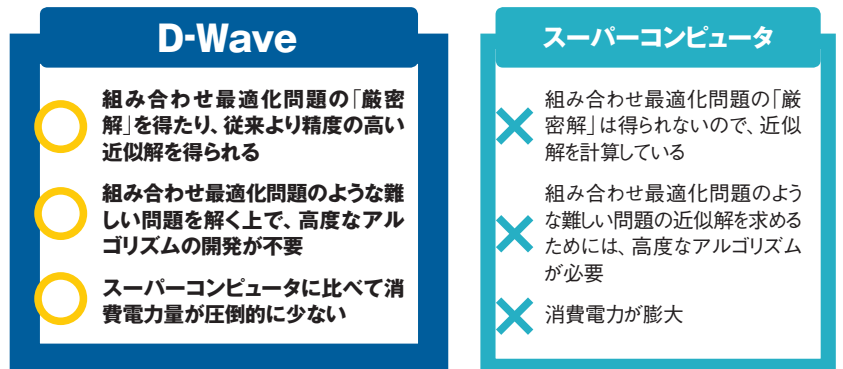
それがD-Waveマシンなら、組み合わせ最適化問題の「厳密解」を得たり、従来より精度の高い近似解を得たりできる可能性がある(図2)。そのビジネス上のインパクトは計り知れない。なぜならビッグデータの活用が本質的に変わるからだ。

従来のコンピュータでどれだけビッグデータを分析しても、得られる結果は近似解であり、厳密解ではなかった。もし厳密解が分か



アルゴリズム不要で、複雑な問題を高速に解ける

図2 D-Waveとスーパーコンピュータの比較



人工知能、スケジュール最適化などを実現

図3 D-Waveの量子コンピュータで解こうとしている問題の例

米グーグル

- ★ 機械学習：顔認識アルゴリズムの開発
- ★ 機械学習：
「Google Glass」で使用する「意図のあるまばたき(ウインク)」と「意図のないまばたき」を判別するアルゴリズムの開発



Google Glass

期待されるビジネスへの適用分野

- ★ 輸送スケジュールの最適化
(燃費改善、輸送時間短縮)
- ★ 資源配分の最適化
(コスト削減、生産量最大化)
- ★ その他
(気象予測の改善、交通渋滞の解消、新薬開発の期間短縮)

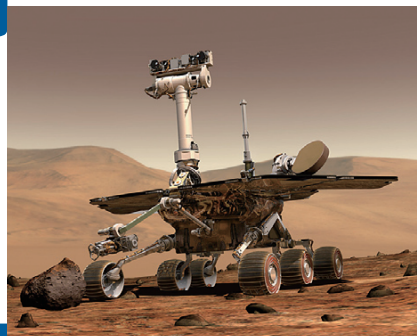
米ロッキードマーチン

- ★ 航空機のプログラムにあるバグの検出



米航空宇宙局(NASA)

- ★ スケジュール最適化：
火星探査ロボットの行動計画最適化
- ★ スケジュール最適化：
宇宙ステーション内での実験スケジュールの最適化
- ★ データ融合：
ある対象物に関する複数の画像を融合して、意味のある画像を作成



れば、今まで人類が経験したことのない精度のデータ分析ができるようになる。

例えば、巡回経路が非常に多い巡回セールスマン問題が解ければ、あらゆる自動車の移動ルートをも最適化できる。つまり、世界中から交通渋滞が消滅する可能性がある。

これまであり得なかったような効き目の医薬品が開発できる可能性もある。医薬品メーカーは今、タンパク質の構造をどう変えれば、薬効の高い医薬品ができるか、コンピュータを使って分析している。このようなタンパク質の構造分析も、組み合わせ最適化問題だ。

人間のように思考できるロボットの実現も夢ではなくなる。人工知能の開発で欠かせない機械学習の処理の実態は、『変数選択』や『クラスタリング』といった組み合わせ最適化問題ばかり(機械学習の研究者である東京工業大学の鈴木大慈准教授)だからだ。

メリットが大きい 新型量子コンピュータ

図4 量子コンピュータの主な方式と特徴

新型量子コンピュータ

(D-Wave、レーザーネットワーク方式)

- ★ コンピュータ(チューリングマシン)ではなく「実験装置」である
- ★ 不要。ハードウェアにアルゴリズムが内蔵されている
- ★ 組み合わせ最適化問題が解ける
- ★ 機械学習、スケジュール最適化、資源配分の最適化など用途は幅広い
- ★ 既に商用化(D-Wave)
→5年後(レーザーネットワーク方式)

既にグーグルやNASA、米ロッキードマーチンが、D-Waveマシンを様々な用途に使い始めている(図3)。

なぜD-Waveマシンは、従来型コンピュータでは不可能な高速計算ができるのか。それはD-Waveマシンが量子力学の原理で動作しているからだ。量子力学とは、原子や素粒子

といったミクロの世界で働く、人の日常の感覚では理解できない物理法則である。

量子コンピュータとしてはこれまで、「量子ゲート」という回路を使用する「量子ゲート方式」の量子コンピュータの開発が続けられてきた。D-Waveマシンは、この量子ゲート方式とは全く異なる方式だ。しかも、D-Waveマシンは量子ゲート方式と比べて、様々なメリットがある(図4)。

D-Waveは適用範囲が広い

まずD-Waveマシンは、コンピュータ(チューリングマシン)ではなく「実験装置」である。D-Waveマシンには、プロセッサもメモリーも、ハードディスクのような外部記憶装置も存在しない。また、D-Waveマシンを利用するには、問題を解くためのアルゴリズムを開発する必要がない。D-Waveマシンで解けるのは組み合わせ最適化問題だけだが、先に述べたようにその適用範囲は広い。

一方、量子ゲート方式はこれまでのコンピュータと同じでアルゴリズムを開発すれば様々な問題が解ける。しかし量子ゲート方式用のアルゴリズムの開発は難しいため、現時点では「因数分解」のアルゴリズムなどが開発された程度だ。そのため「量子ゲート方式

が実現しても、できるようになるのは『暗号解読』ぐらいで、あまり社会の役には立たない)(東工大の西森教授)という。

D-Waveの源流は日本

興味深いのは、D-Waveマシンが実現した背景に、日本の研究や技術の貢献があったことだ。冒頭に述べたとおり、D-Waveマシンは東工大の西森教授が考案した「量子アニーリング」を基に開発された。また、D-Waveマシンで使われている「量子ビット」などの部品の多くが、日本で発明された。

それだけではない。現在、日本の国立情報学研究所(NII)の山本喜久教授の研究チームが、「レーザーネットワーク方式」と呼ぶD-Waveを上回る可能性がある新型量子コンピュータを開発している。来たる量子コンピュータの時代においては、日本こそが、その開発の中心地になる。

本特集では、最新の量子コンピュータの正体を、図解を交えて解説する。量子力学そのものについては解説しない。既に、本来ミクロの世界でしか発生しない量子力学の現象を、現実の世界でも発生させる装置が、様々な分野で実用化している(図5)。量子コンピュータも、そういった例の一つである。

