

D-Waveの課題と期待

理論通りに動作すれば高速なD-Waveだが、
 まだまだ解決すべき課題が存在する。
 その一方で、D-Waveをしのぐ性能が期待できる新方式の
 開発も進んでいる。日本独自の「レーザーネットワーク方式」だ。

D-Waveマシンには、まだ乗り越えるべき課題がある(図11)。

一つめは、D-Waveマシンが本当に量子力学の現象(量子効果)を使っているのか証明することだ。これについては、「様々な検証によって、ほぼ確実だと見なされている」(西森教授)。具体的には、スイス・チューリッヒ工科大学や米国南カリフォルニア大学の研究者らが論文を発表している。

二つめの課題は、性能に関するものだ。D-Waveマシンに関して、実は「従来型コンピュータより高速に問題を解くことはできないのではないか」という疑問の声がある。

例えば、2014年1月にグーグルが発表した検証では、ある組み合わせ最適化問題ではパソコンに比べて3万5500倍高速になるという結果が出る一方で、違う問題ではパソコンよ

りも遅くなるという結果が出た。グーグルによれば、「計算対象となるデータの中に規則性がある場合、D-Waveマシンは非常に高速に解を得られる。しかしデータが完全にランダムである場合、解を得るのに時間がかかる傾向がある」という。

NASAのビスワス副ディレクターは「現状のD-Waveは量子ビットの数が少ないため、スーパーコンピュータよりも高速だとは言えない。しかし今後、D-Waveの量子ビットが増えれば、スーパーコンピュータを超える性能が実現できると期待している」と語る。

D-Waveで製造担当バイスプレジデントを務めるジェレミー・ヒルトン氏は、「2013年に量子ビットを128から512に増やしたところ、性能は数十万倍に伸びた。我々は今後、2014年内に1000量子ビット、2015年内に2000量子ビットを実現する予定だ」と語る。

D-Waveマシンが理論通りの性能を発揮できるのか。その結果は数年内に分かる。

日本独自方式は5000スピンを目指す

その頃には、D-Waveマシンの性能を上回る別方式の量子コンピュータが、日本から登場している可能性もある。

国立情報学研究所(NII)の山本教授のチームが開発を進めているレーザーネットワーク

性能に関する議論、数年は続きそう

図11 D-Waveに対する疑問と、それらに関する第三者による評価

本当に量子力学を使っているの？

スイス・チューリッヒ工科大学の
マティアストロイヤー氏ら

D-Wave Oneを使って最適化問題を解いたところ、量子アニーリングをパソコン上でシミュレーションした結果と同じような結果が出た*1

本当に高速なの？

米グーグル

D-Wave Twoの509量子ビットを使って同じベンチマークをしたところ、パソコンに比べて3万5500倍高速になるケースがあった*2

*1: 2013年4月に発表した論文「Quantum annealing with more than one hundred qubits」

*2: 2014年1月の発表「Where do we stand on benchmarking the D-Wave 2?」

方式の量子コンピュータだ。

レーザーネットワーク方式も、D-Wave同様、3次元イジングモデルの実験装置である。ただし、実験の方法や、35ページの図Bで説明した「基底状態」を探索する手法がD-Waveとは異なる。

D-Waveが超伝導回路を使うのに対して、レーザーネットワーク方式では「縮退パラメトリック発振器」や「半導体レーザー」を使用する。レーザーネットワーク方式ではレーザーの「偏光」(光の偏り)によって、3次元イジングモデルのスピンを表す。

レーザーネットワーク方式はまず、量子力学の現象の一つで絶対零度よりも理論上低い温度とみなせる「負の温度」に3次元イジングモデルを冷やす。これを加熱していくことで、3次元イジングモデルのエネルギーが最小となる状態を作る。

3次元イジングモデルが負の温度にあるとき、レーザーは発振(レーザーが光ること)をしない。ところが3次元イジングモデルを加熱していくと、ある点でレーザーが発振する。その時点のスピンの向きの組み合わせ(配列)が、3次元イジングモデルのエネルギーを最小にする配列になっているのだという。

レーザーネットワーク方式は、図Bのグラフで考えると、「基底状態」をグラフの下の方(負の温度の領域)から探索している。量子アニーリングは、グラフの上の方から基底状態を探索するため、基底状態(厳密解)ではなく局所最適解(近似解)にはまってしまふ恐れがあった。一方レーザーネットワーク方式では、最初に見つかるのが基底状態となるため、「組み合わせ最適化問題の厳密解を得られる可能性がある」(NIIの山本教授)。

山本教授の研究チームは2013年夏、スピンを4個備えた3次元イジングモデルを作成



純国産方式の 新型量子コンピュータを開発

山本喜久教授 国立情報学研究所量子情報国際研究センター長

し、それが理論通りに動作することを確認した。今後は「光結合回路」によってスピンの数を増やしていく。1年以内に100個、4年内をメドに5000個にまで増やすとする。

もし5000スピンの3次元イジングモデルが実現した場合、2の5000乗のスピンの配列の中から、エネルギーが最小となる配列を一瞬で見つけ出せることを意味する。

D-Waveマシンやレーザーネットワーク方式が理論通りの性能を発揮すれば、社会やビジネスは一変する。その「答え」が、あと数年で出る可能性がある。