

約1兆の500乗通りの膨大なパターンから瞬時に実用に適した解を導く 室温動作可能な新型半導体コンピュータを試作

電力効率従来比約1,800倍で量子コンピュータに匹敵する性能を備えるコンピュータを実現

株式会社日立製作所(執行役社長兼COO: 東原 敏昭/以下、日立)は、このたび、約1兆の500乗通りの膨大なパターン(組み合わせ)から適した解を導く「組み合わせ最適化問題*1」を量子コンピュータに匹敵する性能で、瞬時に解く新型コンピュータを試作しました。このコンピュータは従来の半導体を用いて動作するため、量子力学を応用した計算手法(量子アニーリング*2)を用いた量子コンピュータに必要な冷却装置などは不要で、室温で動作する上、大規模化も容易に対応できます。また、従来のコンピュータと比べて、約1,800倍の電力効率を備えていることから、電力消費量の低減が図れます。新型コンピュータは、自然や生物に備わる創発*3現象を計算で利用するもので、社会問題の規模に応じて、容易に大規模化できる実用システムの提供を可能とするものです。

都市における交通渋滞の解消やグローバルサプライチェーンにおける物流コストの最小化、次世代電力送電網による安定したエネルギー供給など、大規模かつ複雑化する社会システムの課題解決には、全体最適となる組み合わせを見出すことが重要です。最適な組み合わせを見出す問題は、情報処理の分野では「組み合わせ最適化問題(以下、最適化問題)」と呼ばれています。その例として、販売員が複数都市全てを回る場合の最短経路を求める「巡回セールスマン問題」が知られています。問題が大きくなると、組み合わせのパターンが膨大に増え、最適な組み合わせを現実的な時間で求めることが困難になります。

現在、最適化問題を解く手法として量子アニーリングを用いた量子コンピュータが注目されています。この量子コンピュータは、一般的に用いられている情報を0と1のデジタル情報に置き換えるコンピュータと異なり、0と1の値を任意の割合で重ね合わせた状態*4を利用して、超並列計算を実行しています。ここでは、問題を数学的処理によって、磁性体の振る舞い(物理現象)を数学的に表現するイジングモデル*5に変換し、問題を解きます。しかし、現在提案されている量子コンピュータは、極低温にまで冷却する装置や超伝導素子などが必要な量子アニーリングを使用しているため、大規模化が困難でした。

そこで日立は、半導体回路上でイジングモデルを擬似的に再現し、問題の高速処理を可能とする新型コンピュータを開発しました。イジングモデルを用いた計算処理では、部分計算を行うだけで、全体最適に近い解である実用解*6が出せるため、処理速度を高めるとともに、電力消費量を低減させることが可能です。また、半導体を並列化することで、超並列計算を可能とし、処理速度をさらに高めることができます。加えて、新型コンピュータでは汎用の半導体を使用するため、室温での動作が可能です。

今回開発した技術は次の通りです。

1.超高速計算を可能とするイジング計算アーキテクチャ

本技術では、磁性体の振る舞いを、最適化問題を解くための物理現象として利用します。具体的には、解くべき最適化問題を、+1 と-1 の 2 つの状態を取る強磁性体スピンの隣接するスピン間で相互作用する振る舞いを示すイジングモデルで表現し、半導体メモリ技術を用いて実装しました。半導体回路技術を用いることで、室温動作が可能で、半導体の微細化による大規模化が容易になります。さらに、半導体チップを多数並べることで問題規模に応じたシステムの大規模化が可能です。

2.CMOS アニーリング技術

量子アニーリングで解を求めていたイジングモデルの振る舞いを、半導体 CMOS 回路上で擬似的に再現する CMOS アニーリング技術を開発しました。従来、半導体回路を用いると決まった動作しかしないため、特定の局所解*7に固定されるという問題がありました。そこで、CMOS アニーリング技術では、外部から特殊な回路を経て入力されるノイズを利用し、特定の局所解への固定を防ぐことで、より良い解を求めるアニーリング動作を半導体回路上で実施できるようになりました。

日立では、これらの技術と 65 nm の半導体プロセスを用いて、20,480 パラメータを入力可能なコンピュータの試作機を開発し、実証実験を行いました。その結果、システムが室温で動作することを確認するとともに、現在の量子アニーリングを用いた量子コンピュータのパラメータ数 512 の 40 倍となる 20,480 パラメータの大規模な組み合わせ最適化問題を数 m 秒と瞬時に解けることを確認し、さらに従来のコンピュータを用いて解く場合と比較して電力効率約 1,800 倍を実現することを実証しました。現在の最先端の半導体プロセス(14nm)を用いれば 1,600 万パラメータに対応するチップに大規模化することも可能となります。

日立は、本技術を活用することで、個別最適から全体最適まで行うシステムを構築し、さらに大規模・複雑化する社会インフラの課題を解決する社会イノベーション事業を推進します。

なお、本成果の一部は、2015 年 2 月 22 日～26 日まで、米国、サンフランシスコで開催される半導体集積回路に関する国際会議「2015 International Solid-State Circuit Conference」で発表します。

- *1 組み合わせ最適化問題: 解が順序や割当のように組み合わせの構造を持ち、条件を満たす解の中で最もよいものを求める問題。
- *2 量子アニーリング: 量子ゆらぎの多い状態から徐々にゆらぎをなくし、エネルギー極小の状態となる最適解を求める計算手法。
- *3 創発: 主に複雑系において用いられる用語で、生命のように部分の性質の単純な総和にとどまらない性質が全体として現れること。コンピュータ科学の分野では、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズムなど、シミュレーションによって創発現象を人工的に作り出し、計算に応用することが研究されている。本発表の創発コンピュータでは、イジングモデルを利用している。
- *4 重ね合わせ: 1 量子ビットには、波のように 0 と 1 の値が任意の割合で共存できる(並列性)。このため、n 個の量子ビットを用い計算を行えば、1回の処理で 2^n の組み合わせ(入力)に対して同時に計算できることになり、1 度で解を求めることができる。
- *5 イジングモデル: 二つの配位状態をとる格子点から構成され、最隣接の格子点のみの相互作用を考慮する格子模型(モデル)。強磁性体のモデル。
- *6 実用解: 実際のシステムで用いるのに適した解。
- *7 局所解: 最適解とは異なる、準安定状態での解。

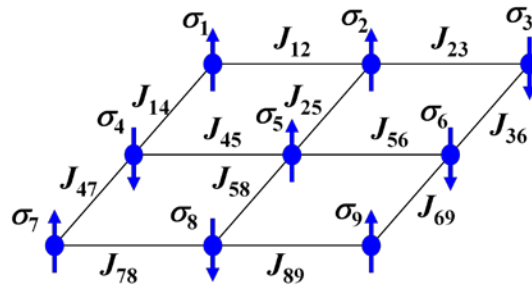


図1 イジングモデル

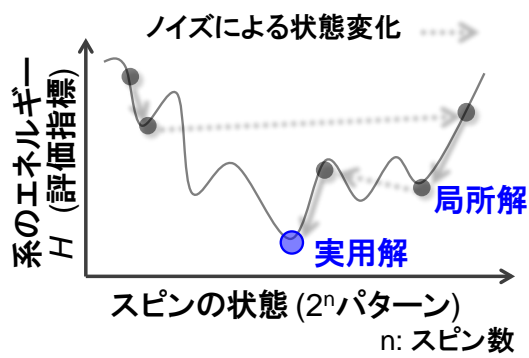


図2 CMOS アニーリング

■照会先

株式会社日立製作所 中央研究所 情報企画部 [担当:安井、木下]
 〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地
 電話 042-323-1111(代表)

以上

このニュースリリース記載の情報(製品価格、製品仕様、サービスの内容、発売日、お問い合わせ先、URL 等)は、発表日現在の情報です。予告なしに変更され、検索日と情報が異なる可能性もありますので、あらかじめご了承ください。
