

## 横磁場の個別制御による量子アニーリングの大幅な加速

量子アニーリングは組合せ最適化問題を解くための量子計算手法である。交通流の最適化や大規模プログラムのバグ検出などの現代社会において重要な問題が組み合わせ最適化問題で表されるので、高速な解法の開発には大きな社会的な意義がある。本論文では、従来型の量子アニーリングでは最適解を得るのに極めて長時間を要するある種の問題において、横磁場を量子ビット毎に個別に制御することで計算を大幅に高速化できる可能性を発見したことが明快に報告されている。

交通流の最適化、機械学習、プログラムのバグ検出などの社会的課題は組み合わせ最適化問題として定式化できることが多い。量子アニーリングは組み合わせ最適化問題の汎用近似解法であるが、量子アニーリングを用いても劇的な高速化は一般には期待できない。簡単かつ典型的な例が、全ての量子ビットが互いに相互作用をする全結合モデルである。このモデルでは、量子ビット数が増えると最適解の探索に必要な時間が指数関数的に増大することが分かっている。この問題に対して、本質的な量子効果を表現するある種の回路を付加することで計算時間を大幅に短縮できることが理論的に示されているが、実機への装備は技術的な課題が多く現時点では実現に至っていない。

東京工業大学の研究グループは、量子アニーリングマシンに特別な回路を加えることなく計算時間を大幅に短縮する方式を考案した。量子アニーリングを実行するのに使用する横磁場と呼ばれる制御変数は、通常はシステム全体に均一に印加する（図1の左側）。これに対して、新方式では量子ビット毎に個別に制御する（図1の右側）。これだけで最適解の探索が大幅に効率化される。

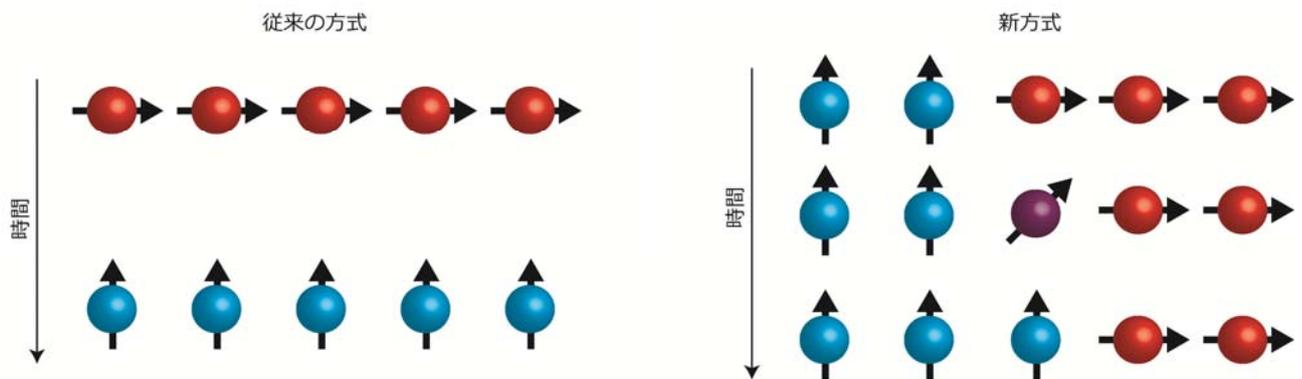


図1 (左) 従来の一様な横磁場制御 (右) 量子ビットごとの個別制御

上で述べた特別な回路を付加しても計算に極めて長時間を要することが分かっている問題に対しても、今回の個別制御方式は高速化に極めて有効であることも示した。本成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2018 年 2 月号に掲載された。

本研究で提示された量子アニーリングの新たな方式は実機での実現が比較的容易である。実際、カナダのベンチャー企業 *D-Wave* が商用提供している最新機種には横磁場の個別制御機能はかなり限定的ではあるがすでに搭載されている。本研究成果は、次世代の量子アニーリングマシンの開発に大きな影響を与えると予想される。本研究では理論的解析が容易な全結合モデルを解析対象としたが、今後はより社会的に有用な組合せ最適化問題についても有効性の検証が進んでいくと予想される。こうした実問題においても高効率化が可能であることが明らかになれば、量子アニーリングの

産業応用が大幅に進展すると期待される。基礎的な物理の研究と産業応用が直接結びつく非常に刺激的な研究分野である。

## 原論文

[Exponential Speedup of Quantum Annealing by Inhomogeneous Driving of the Transverse Field](#)

Yuki Susa, Yu Yamashiro, Masayuki Yamamoto, Hidetoshi Nishimori:

[J. Phys. Soc. Jpn. \*\*87\*\*, 023002 \(2018\)](#)

問合せ先：西森秀稔（東京工業大学理学院）

須佐友紀（東京工業大学理学院）