2D イジングマシンへの量子アニーリングの組み込みと演算特性

Quantum Computing System for Combinational Optimization Problems

東京農工大院工 ○伊藤光樹、平田鷹介、島田萌絵、木原裕介、白柽淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

○M. Ito, Y. Hirata, M. Shimada, Y. Kihara, and J. Shirakashi

E-mail: s139623s@st.go.tuat.ac.jp

近年、人工知能(Artificial Intelligence: AI)を用いた、莫大かつ複雑なデータの中から有用なデータを抽出・解析・最適化させる方法が注目されている[1]。 この AI 技術の発展に向け、組み合わせ最適化問題の解決に特化した専用機(アニーリングマシン)の開発を目指し、ノイマン型コンピューティングに代わる新たな計算手法として自然界のエネルギー収束動作を応用したナチュラルコンピューティング技術が検討されている [2, 3]。我々は、シミュレーテッドアニーリング(SA)を用いたイジング計算機を FPGA(Field Programmable Gate Array)に実装し、ハミルトニアンの収束動作を利用したイジングコンピューティング技術を提案してきた[4]。今回は、2D イジングマシンに量子アニーリング(QA)を導入し、その演算特性を検討した。

本実験では、Path-Integral Monte Carlo 法[5]を用いることで、2D イジングマシンエミュレータに量子アニーリングを実装し、最大カット問題を検討した。ここでは、2D イジングスピンモデル(10×10 スピンセル)に対して、反強磁性的なスピン配列である Checkerboard の状態を最適解とする問題を設定し、演算を実行した。アニーリングスケジュールは、SA と QA を同時に設定し、その強度を時間に対して変化させた。図 1 に、それぞれ、支配的なアニーリングを SA から QA へと変化させた場合(SA→QA 型)(a)と、QA から SA へと変化させた場合(QA→SA 型)(b)のエネルギープロファイルを示す。図 1(a)より、SA→QA 型の場合、演算の進行に伴いエネルギーは下降から上昇する傾向を示した。これは、時間の経過により SA よりも QA が支配的となることで、解探索におけるトンネル効果での状態遷移が増加したものと考えられる。一方で、図 1(b)の QA→SA 型の場合、エネルギーは減少し、解が収束していることがわかる。以上より、熱揺らぎに加えて量子的な揺らぎを適切にスケジューリングすることで 2D イジングマシンでの効率的なエネルギー収束動作が可能であることが示唆された。

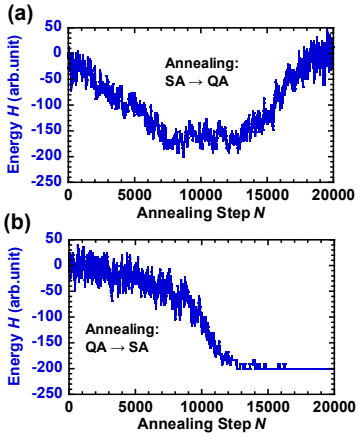

Fig. 1 Energy profile during quantum annealing with the schedules of (a) SA → QA and (b) QA → SA.

References
[1] V. Mnih et al., Nature, 518 (2015) 529.
[2] M. W. Johnson et al., Nature 473 (2011) 194.
[3] M. Yamaoka et al., IEEE J. Solid-St. Circ. 51 (2016) 303.
[4] 木原他: 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 18a-P4-2 (2018).
[5] S. Morita and H. Nishimori, J. Phys. A: Math. Gen. 39 (2006) 13903.

© 2018年 応用物理学会