

2D イジングマシンの演算特性にかかる Simulated Quantum Annealing の効果

Simulated Quantum Annealing for Solving Combinatorial Optimization Problems with 2D Ising Machines

東京農工大院工 ○島田萌絵、伊藤光樹、平田鷹介、三木司、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

○M. Shimada, M. Ito, Y. Hirata, T. Miki, and J. Shirakashi

E-mail: s159177q@st.go.tuat.ac.jp

近年、産業構造の高度化に伴い、大規模かつ複雑な組合せ最適化問題を取り扱う必要性が高まっている。これらの問題の解決には、様々なパラメータから導かれる多くの情報や制約条件を最適に組合せる必要があり、一般にその計算量は膨大となることが知られている。そこで、このような問題に対する新たな計算技法として、自然現象のエネルギー収束動作を利用したナチュラルコンピューティングが注目されている[1]。これまで我々は、ナチュラルコンピューティングに用いられるイジングスピンモデルを組合せ最適化問題へ適用し[2, 3]、シミュレーテッドアニーリング(SA)による求解を行ってきた。今回は、2D イジングマシンにシミュレーテッド量子アニーリング(Simulated Quantum Annealing: SQA)を導入し、その演算特性を詳細に検討した。

今回の計算機実験では、Path-Integral Monte Carlo 法[4]を用い、イジングスピンモデルのハミルトニアンにスピンの量子重ね合わせ状態を表現する横磁場項を導入することで、2D イジングマシンエミュレータに SQA を実装し、組合せ最適化問題を検討した。ここでは、 $32 \times 32 = 1,024$ スピン(= Size 32)の 2D イジングスピンモデルを用いて、組合せ最適化問題の一つである最大カット問題を解いた。今回は、反強磁性的なスピン配列である Checkerboard の状態を最適解と設定し、演算を実行した。アニーリングスケジュールは SA と SQA を同時に制御するハイブリッド型とし、SA と SQA にかかる各アニーリングパラメータの強度は、スピンの更新回数(Annealing Step)に対して、線形に変化させた。図 1 は、Size 32 において従来の SA のみと、今回の SQA+SA で演算を行った結果のエネルギープロファイルを示す。図 1 から、SQA+SA は SA と比べ、より低いエネルギー状態を実現できていることが確認された。以上より、量子揺らぎを適切にスケジューリングすることで、SQA+SA は SA よりも最適解に近いスピン状態を得られることが示唆された。

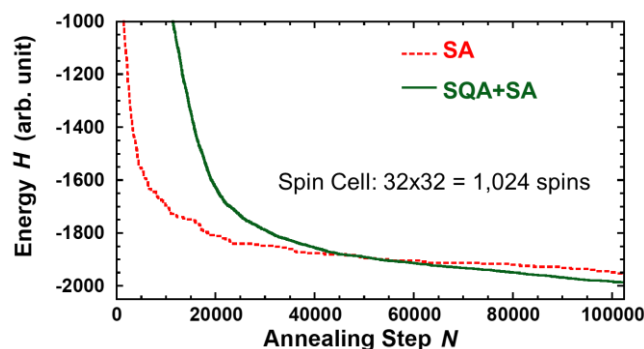


Fig. 1 Energy profile during SA and SQA+SA in Size 32.

References

- [1] M. Yamaoka, C. Yoshimura, M. Hayashi, T. Okuyama, H. Aoki and H. Mizuno, IEEE Journal of Solid-State Circuits, 51 (2016) 303.
- [2] 島田、伊藤、櫛谷、三木、塩村、白樫: 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-PB3-9 (2018)
- [3] 三木、伊藤、櫛谷、島田、塩村、白樫: 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-PB3-8 (2018)
- [4] S. Morita and H. Nishimori, J. Phys. A, Math. Gen. 39 (2006) 13903.