

SQA を実装したイジングマシンによる TSP の検討

2D Ising Spin Computing with Simulated Quantum Annealing (SQA) for Traveling Salesman Problems

東京農工大、[○]島田萌絵、三木司、平田鷹介、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

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

E-mail: s194797x@st.go.tuat.ac.jp

近年、組合せ最適化問題を効率的に解く手法として、量子アニーリングが注目を集めている[1]。特に、極低温、真空中で動作する超伝導磁束量子ビットを用いた量子アニーリングマシン[2]は、シミュレーテッドアニーリング(SA)を利用したイジングマシンよりも優れた解を得たという報告もある[3]。一方で、量子アニーリングマシンを模擬した室温、大気下で動作するイジングマシンの研究も盛んに進められている[4, 5]。これまで我々は、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、組合せ最適化問題の一つである最大カット問題に対して演算を行ってきた[6]。今回は、巡回セールスマン問題(Travelling Salesman Problem: TSP)における SQA を用いたイジングマシンの演算特性を検討した。

今回の計算機実験では、2D イジングマシンエミュレータに SQA を実装し、都市数が 12 の TSP を検討した。ここでは、 $12 \times 12 = 144$ スピン(= Size 12)の 2D イジングスピンモデルに対して、各アニーリングパラメータをスピンの更新回数に対して線形に変化させるアニーリングスケジュールを用い、演算を行った。図 1 に、12 都市の TSP において、SA と SQA で演算を行った結果のエネルギー収束動作を示す。Annealing Step N はスピンの更新回数であり、今回はスピンの更新回数の最大値を 10,000 と設定した。図 1 より、SQA は SA に比べ、より早い段階でのエネルギーの収束が見られた。また、挿入図に演算終盤におけるエネルギー収束動作を示す。挿入図から、SA では最適解に到達しなかったが、SQA では最適解である $H_{GS} = -2454.3$ に到達したことが確認できる。以上より、SQA は SA に比べ、TSP における解探索を効率的に行えることが示唆された。

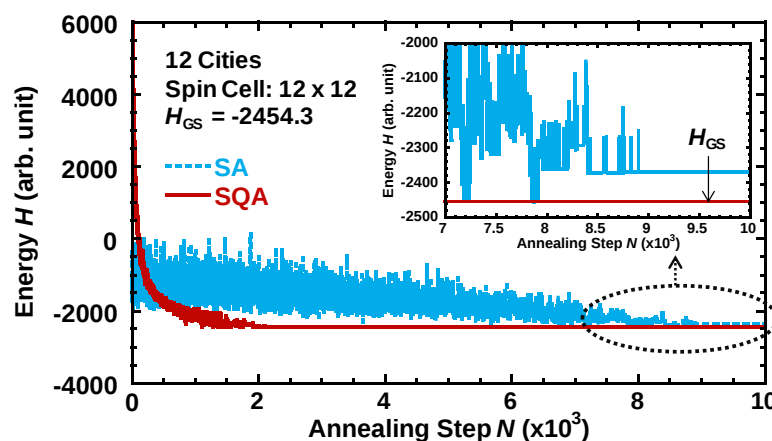


Fig. 1 Energy convergence properties for TSP using Ising spin computing with SQA and SA.

References

- [1] T. Kadowaki and H. Nishimori, Phys. Rev. E 58. 5 (1998) 5355.
- [2] M. W. Johnson et al., Nature 473. 7346 (2011) 194.
- [3] V. S. Denchev et al., Phys. Rev. X 6. 3 (2016) 031015.
- [4] M. Yamaoka, C. Yoshimura, M. Hayashi, T. Okuyama, H. Aoki, and H. Mizuno, IEEE J. Solid-State Circuits 51. 1 (2016) 303.
- [5] H. Goto, K. Tatsumura, and A. R. Dixon, Sci. adv. 5. 4 (2019) e2372.
- [6] 島田、三木、平田、伊藤、白樫: 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-F211-7 (2019).