

SQA 実装型イジングマシンによる演算特性の検討

Computational Behavior of 2D Ising Spin Computing with Simulated Quantum Annealing (SQA)

東京農工大、[○]島田萌絵、三木司、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

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

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

近年、量子コンピュータが注目を集めている。量子コンピュータには汎用的な量子ゲート方式と組合せ最適化問題の専用機として知られる量子アニーリング方式[1]の2種類の方式がある。この量子アニーリング方式の中で量子を用いている量子アニーリングマシン[2]は極低温、真空中で動作し、熱アニーリング(Simulated Annealing: SA)より優れた解を得たという報告もある[3]。一方で、非量子コンピュータとして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ト量子アニーリング(Simulated Quantum Annealing: SQA)を導入し、組合せ最適化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より詳細に検討した。

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 を実装した。今回は、都市数 N ($N = 10, 12, 13, 29$) の TSP を、 $N \times N = N^2$ スピン(= Size N) の 2D イジングスピンモデルにマッピングして演算を行った。なお、アニーリングスケジュールには、イジングハミルトニアン の 重み(古典項) J と横磁場項の強度(量子項) Γ を、それぞれスピンの更新回数に対して線形に変化させるスケジュールを用い、演算を行った。図 1 に、各都市数の TSP に対して、SQA と SA で演算を行った結果における演算精度(Accuracy)を示す。Accuracy とは、最適解にどれくらい近づいているかの指標であり、1 のときに最適解に到達したといえる。横軸は問題規模(都市数)とした。図 1 より、SQA はどの問題規模であっても Accuracy が 0.9 以上であり、高い精度で演算が行えていることがわかる。一方で、SA は、問題規模が大きくなった際に精度が低下した。このことから、SQA を用いることで SA に比べ、大規模な問題に対して、高い精度で演算が可能であることが確認された。以上より、SQA は SA に比べ、解探索をより高い精度で効率的に行えることが示唆された。

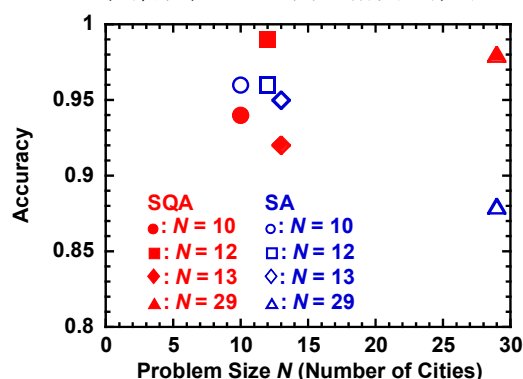


Fig. 1 Dependence of accuracy on problem size N (number of cities) in SQA and SA. Full (red) and empty (blue) symbols are the results from SQA and SA, respectively, and symbol shapes represent the problem sizes.

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、白樫: 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 14p-A301-13 (2020).