

ビット間結合が高階調化された論理ゲートイジング計算機による TSP の検討

Computational Properties of Ising Spin Computing with High-Resolution Bit Connection for Traveling Salesman Problems

東京農工大¹、釧路高専² ○三木司¹、島田萌絵¹、平田鷹介¹、伊藤光樹²、白樫淳一¹

Tokyo University of Agriculture & Technology¹, NIT, Kushiro College²

○T. Miki¹, M. Shimada¹, Y. Hirata¹, M. Ito² and J. Shirakashi¹

E-mail: s197706y@st.go.tuat.ac.jp

近年の IoT 社会では各種システムの最適制御が切望されており、これは一種の組合せ最適化問題に対応する。この問題を効率的に解く手法として、イジングモデルによる解探索手法が知られており[1,2]、超伝導回路や CMOS 回路を用いた組合せ最適化問題専用機の開発も注目を集めている[3,4]。これまで我々は、イジングモデルを論理表現し、様々な組合せ最適化問題を検討してきた[5]。今回は、ビット間結合における相互作用係数が高階調化されたイジング計算機を用いて、組合せ最適化問題として巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem: TSP)の検討を行った。

本計算実験では、論理表現された 2 次元イジングモデルをソフトウェア上にエミュレートした。スピン判定論理は高階調化された相互作用係数を用いた多数決論理を採用し[5]、都市数が 10 の TSP を扱った。今回、QUBO(Quadratic Unconstrained Binary Optimization)変数を用いて TSP のコスト関数を作成し、コスト関数の最小値(最短経路)がイジングモデルの基底状態に対応するよう計算機上にマッピングした。また、計算機が局所解に陥ることを防ぐためスピン反転回路を導入した。図 1 に、ビット間結合における相互作用係数がそれぞれ 8bit(×)、16bit(○)のイジング計算機での、スピン更新回数(Iteration)に対するエネルギー収束の結果を示す。初期スピン配列はランダムに与えられていることから高いエネルギー値を示しているが、解探索終盤においては、16bit の相互作用係数を有するイジング計算機が 8bit の時よりもエネルギーの低い状態に遷移していることが明らかとなった。これより、ビット間結合が高階調化されたイジング計算機では、より効率的に TSP の解探索を行えることが示唆された。

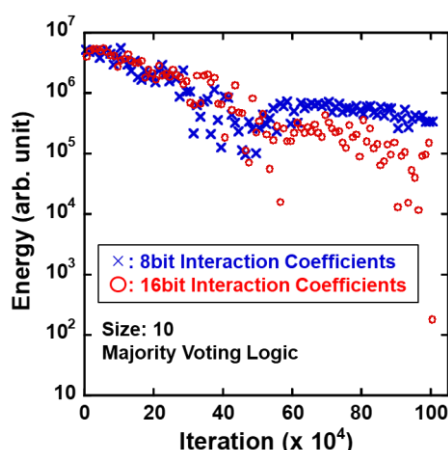


Fig. 1 Energy convergence properties for TSP using Ising spin computing with majority voting logic.

References

- [1] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt and M. P. Vecchi, Science 220 (1983) 671.
- [2] T. Kadowaki and H. Nishimori, Phys. Rev. E 58 (1998) 5553.
- [3] S. Puri, C. K. Andersen, A. L. Grimsmo and A. Blais, Nat. Commun. 8 (2017) 15785.
- [4] H. Goto, K. Tatsumura and A. R. Dixon, Sci. Adv. 5 (2019) eaav237.
- [5] 三木、伊藤、平田、島田、白樫: 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 12a-W934-7 (2019).