

論理ゲートイジング計算機における多数決論理での 結合スピンのスパース化による基底状態探索

Ground-State Search by Sparsifying Connected Spins

in Majority Voting Method Using Ising Spin Computing

東京農工大 °吉田朝輝、三木司、島田萌絵、米田優里、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

°A. Yoshida, T. Miki, M. Shimada, Y. Yoneda, and J. Shirakashi

E-mail: s198714u@st.go.tuat.ac.jp

近年、交通渋滞の解消[1]やポートフォリオ最適化[2]等の大規模かつ複雑な社会課題を高速に解く手法として、イジング計算機が注目を集めている[3-5]。これらの課題の多くは組合せ最適化問題として定式化が可能であり、イジングスピンモデルのハミルトニアンにマッピングすることで、自然の収束動作を模擬した解探索を実行できる。これまで我々は、論理表現されたイジングスピンモデルでスピン更新を決定するスピン判定論理について検討してきた[6, 7]。スピン判定論理の1つである多数決論理[3, 4]に対し、即断即決論理[6]は結合スピンからランダムに選択した1つのスピンで次のスピン状態を決定する。これらを組み合わせたハイブリッド型スピン判定論理では従来のスピン判定論理を上回る演算性能を確認した[7]。更なる演算性能の向上に向けて、今回提案する抽出型多数決論理を用いた論理ゲートイジング計算機における演算特性を検討した。

多数決論理は、スピン更新を行う当該スピンと結合するすべてのスピンとの相互作用を考慮し、局所的なエネルギーが下がるスピン更新を行う。一方抽出型多数決論理は、当該スピンとの結合スピンをスパース化することで、当該スピン更新における局所エネルギーの上昇を許容する。これを揺らぎとし、スパース化の割合を制御することで解探索を行う。図1に抽出型多数決論理を示す。多数決判定に使用するスピン数を決める選択数 n に従って結合スピンを抽出する(①)。抽出されたスピンによるスパース化された結合スピンをを用いて、多数決論理での当該スピン更新を行う(②)。解探索が進むにつれ n を徐々に増やすことで、抽出する結合スピン数を増やしエネルギーを局所的に下げながら基底状態を探索する(③)。実際に、ソフトウェア上にエミュレートされた本計算機を用いて組合せ最適化問題を解くことで演算特性の検討を行った。得られたエネルギーの平均値が、従来のスピン判定論理と比較し最適解に近づいたことが確認できた。また、スピンの反転確率はギブズ分布に基づく理論値と一致し、本手法による解探索性能の向上が示唆された。

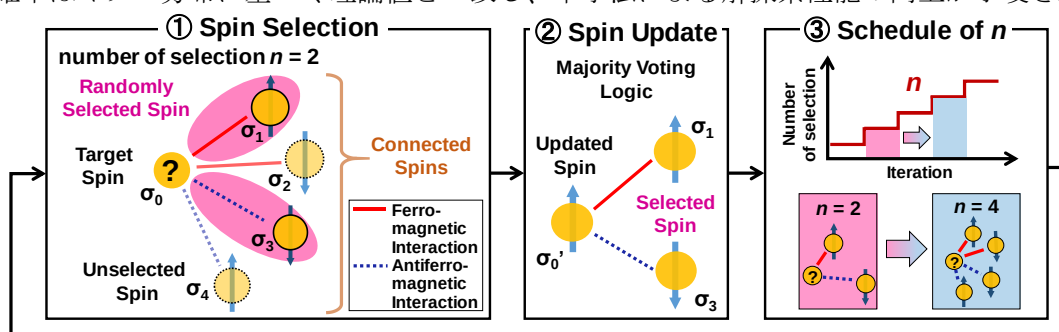


Fig. 1 Spin update using extraction-type majority voting logic.

References

- [1] F. Neukart, G. Compostella, C. Seidel, D. von Dollen, S. Yarkoni, and B. Parney, Front. ICT 4 (2017) 29.
- [2] D. Venturelli and A. Kondratyev, Quantum Mach. Intell. 1(2019) 17.
- [3] T. Okuyama, C. Yoshimura, M. Hayashi and M. Yamaoka, 2016 IEEE Int. Conf. on Rebooting Computing (2016) 1.
- [4] T. Takemoto, M. Hayashi, C. Yoshimura, and M. Yamaoka, IEEE J. Solid-state Circuits 55 (2020) 145.
- [5] H. Goto, K. Tatsumura, and A. R. Dixon, Sci. Adv. 5 (2019) eaav2372.
- [6] M. Ito, M. Shiomura, T. Saito, Y. Kihara, S. Sakai, and J. Shirakashi, IEEE 17th Int. Conf. on Nanotechnol. (2017) 581.
- [7] 三木、島田、白樫: 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 9a-Z28-11 (2020).