

隣接レプリカ間の協調的スピン操作による 量子アニーリング的群知能

Quantum-annealing-inspired swarm intelligence using cooperative spin manipulation of neighboring replicas

産総研¹, °吉澤 明男¹

AIST¹, °Akio Yoshizawa¹

E-mail: yoshizawa-akio@aist.go.jp

組合せ最適化問題と絡めた量子アニーリングが注目されている[1]。我々は量子アニーリングの確率的手法である経路積分量子モンテカルロ法[2]の群知能性に注目する。今回 100 スピンのイジングモデルに対して群知能的なスピン操作の有効性を検証した。Fig.1 の通り揺らぎと徐冷を繰り返す。徐冷は各レプリカに対して独立に実施する一方、揺らぎは隣接レプリカ間の協調を求める局所的スピン操作であり、隣接レプリカ間で同一役割のスピン同士が不揃いの場合に限って並行化を試みる（確率 50%）[3]。Fig.2 に検証結果を示す。レプリカ数は 500、スピン結合率は 50%、徐冷には確率的多数決方式（受諾率 20%）を採用した[4]。繰り返しは $n=1000$ であるが、最後の 100 回は揺らぎなし徐冷とした。下段は完全に揺らぎのない徐冷であり局所解に留まる。中段の揺らぎはレプリカ間で完全独立、上段は協調的である。隣接レプリカ間に限定された局所的なスピン操作がレプリカ集団としての正答率改善に寄与していることから、個体間の局所的な簡単なやり取りを通じて集団として高度な動きを見せる群知能性が確認できた。同様の検証を 10 回ほど試みたが全てに対して協調的揺らぎの優位性を確認した。尚、協調的揺らぎの源となる不揃いスピンは徐々に（勝手に）減少するからスケジューリング問題を回避できる。参考文献：[1] M. W. Johnson, et al., Nature 473, 194 (2011). [2] V. S. Denchev et al., Phys. Rev. X 6, 031015 (2016). [3] A. Yoshizawa, Optics & Photonics Japan, 30pBJ8 (2018). [4] 吉澤, QIT2017-29, 94 (2017).

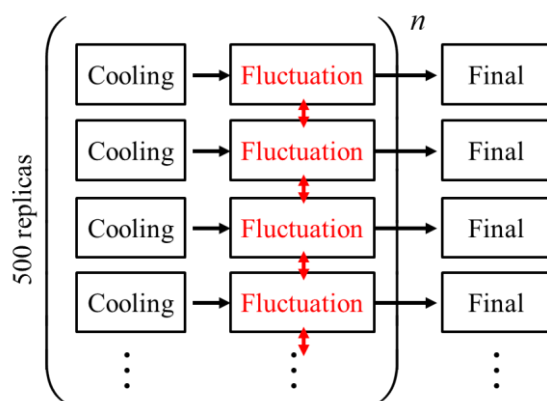


Fig.1 Calculation flow.

Cooling: stochastic majority voting
Fluctuation: cooperative spin manipulation
Final: final states
 n : repetition times

Spin states of all replicas start with randomly chosen binary numbers. Cooperative spin manipulation was applied for the first 900 times. It was skipped for the last 100 times. A total number of repetition times was $n = 1000$.

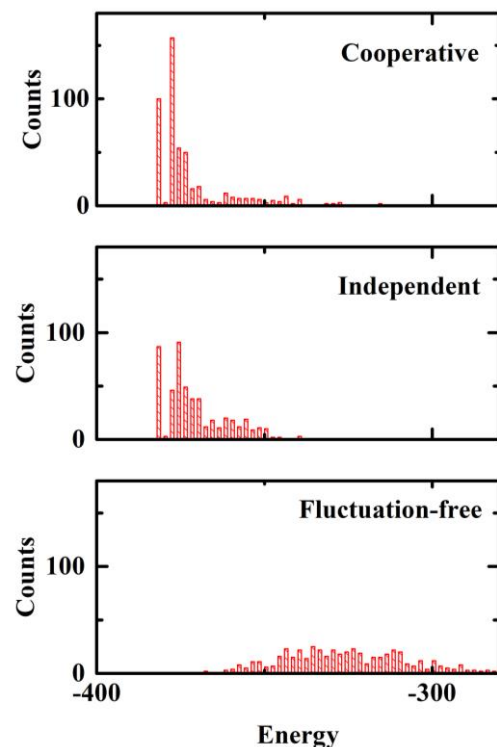


Fig.2 Results of a 100-spin Ising model.