

17a-D10-11

漸進駆動を行うレーザーイジング計算機によるデータ探索

Data search by a laser Ising machine with gradual pumping or coupling

東大情理¹, 国立情報学研², スタンフォード大³ ○高田 健太^{1,2}, 山本 喜久^{1,2,3}Univ. of Tokyo¹, NII², Stanford Univ.³ ○Kenta Takata^{1,2}, Yoshihisa Yamamoto^{1,2,3}

E-mail: takata@nii.ac.jp

イジングハミルトニアン基底状態を求める問題 (イジング問題) は、電子計算機を用いて計算する事が現実的に困難な、NP 困難問題を要素に含む[1]。また、いくつかの他の NP 困難問題は特定のイジング問題と等価である。従って、イジング問題を解く事が可能な計算機を開発する事には大きな意義が有る。我々は最近、注入同期レーザーネットワークを用いたコヒーレントイジング計算機を提案した[2,3]。この装置では、相互注入によって光学的なネットワークを構成する、個々の半導体スレーブレザーの左右円偏光の規格化振幅差が、人工的な連続量スピンを表す。この時、イジングハミルトニアンは全てのスレーブレザーにおける利得係数の総和に、注入光に起因した変調項として現れる。系の発振時には光子当たりの利得が最小となる状態を指向すると期待される為、イジングハミルトニアンの基底状態を動的に探索出来ると期待される。これまでに、NP 困難問題である cubic graph における MAX-CUT 問題に対し、数値的ベンチマーキングを行った。その結果、ゼロに近い連続量スピンを持った状態に系が捉われ、誤りを出力する場合がある事が分かった。前回、自己学習のアルゴリズムを取り入れる事でこの問題を改善し、20 スピンまでの全てのインスタンスで確率的に正解を得られる事を示した[4]。しかし、この手法は経験則的であり、成功確率は問題のスピン数 M の増加に伴い減少する。

そこで本発表では、より物理的な手法で装置の性能を向上させる為、系のポンプ電流または相互注入強度を徐々に増加させる漸進駆動法 (gradual pumping, coupling 法) を提案し、その性能評価の結果を報告する。系統的な評価を行う為、ベンチマーキングには、フラストレーションの無い cubic graph におけるイジングモデル (Mattis Hamiltonian) を用いた。これは、データ復号化や、単純な連想記憶装置として考えられるモデルの一つである[5]。図 1(a)、(b)に、典型的なパラメータを用いてこれらの手法の数値シミュレーションを行った時の、基底状態の発見確率及び正味の計算時間を示す。成功確率は M の増加に応じて漸減するが、計算時間は $M = 1000$ 付近においてはほぼ線形である。また漸進駆動を用いない従来の動作法 (abrupt pumping) よりも性能が向上している事が分かる。当日は、パラメータに依存した性能改善についても詳細に議論する予定である。

本研究は、JSPS FIRST 量子情報処理プロジェクト及び特別研究員研究奨励費、文部科学省イノベーションシステム整備事業、Navy/SPAWAR Grant N66001-09-1-2024 から一部援助を受けた。

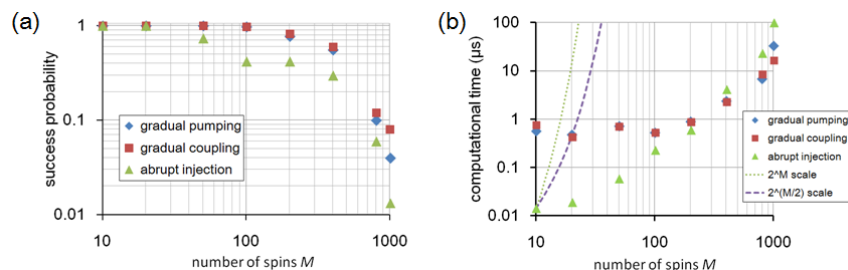


Fig. 1 (a) The success probability and (b) net computational time of the laser Ising machine dependent on the number of spins M for an Ising problem without frustration.

- [1] F. Barahona, *J. Phys. A: Math. Gen.* **15**, 3241 (1982).
- [2] S. Utsunomiya, K. Takata and Y. Yamamoto, *Opt. Exp.* **19**, 18091 (2011).
- [3] K. Takata, S. Utsunomiya and Y. Yamamoto, *New J. Phys.* **14**, 013052 (2012).
- [4] 高田健太他, 2012 年 秋季 第 73 回 応用物理学会学術講演会, 13a-B1-6 (2012).
- [5] 西森秀稔, スピングラス理論と情報統計力学 (岩波書店, 1999).