

コヒーレントイジングマシンを用いたポッツモデルの解探索

Potts model solver with coherent Ising machines

NTT 物性研¹, 大阪大学², NII³, NTT 先端集積デバイス研究所⁴, スタンフォード大学⁵

○稲垣卓弘^{1*}, 稲葉謙介^{1*}, 五十嵐浩司², 宇都宮聖子³, 本庄利守¹, 生田拓也¹,

圓佛晃次⁴, 梅木毅伺⁴, 笠原亮一⁴, 井上恭², 山本喜久⁵, 武居弘樹¹

NTT BRL¹, Osaka University², NII³, NTT Device Technology Laboratories⁴, Stanford University⁵

T. Inagaki^{1*}, K. Inaba^{1*}, K. Igarashi², S. Utsunomiya³, T. Honjo¹, T. Ikuta¹,

K. Enbutsu⁴, T. Umeki⁴, R. Kasahara⁴, K. Inoue², Y. Yamamoto⁵, H. Takesue¹

*These authors contributed equally to this work. (E-mail: takahiro.inagaki.vn@hco.ntt.co.jp)

近年、難解な組合せ最適化問題をイジングモデルの基底状態探索問題に転換し、物理システムを用いて高速に解探索を行う新しい計算手法の研究が進められている。我々は、長距離光ファイバリング共振器中で時分割多重された2000個以上の縮退光パラメトリック発振器(degenerated optical parametric oscillator: DOPO)を一括発生し[1,2]、それら全てのDOPO間に任意の光結合を実装することで、大規模なDOPOネットワークによるイジングモデルの解探索を実現してきた[3-6]。ここで、さらに複雑な組合せ最適化問題を解くためには、各ノードが多数の状態をもつポッツモデルを解く必要がある。本研究では、コヒーレントイジングマシンを用いたポッツモデルの解探索手法を考案し、日本地図のクラスタリング問題に対して実証実験を行った。

コヒーレントイジングマシンをはじめ、イジングモデルソルバの計算結果は $\sigma_i = \{-1, 1\}$ のように各ノードが2状態に分かれて得られる。本手法では、この計算結果 σ_i を用いて問題となるグラフ構造を $J_{ij}^{(l+1)} = \frac{1}{2}(1 + \sigma_i^{(l)} \sigma_j^{(l)}) J_{ij}^{(l)}$ として更新し、次のイジングモデルソルバでの計算を実行する。この工程を図1(a)のように l 回繰り返すことで、最終的に各ノードが最大で 2^l 状態のポッツモデルの解探索を行うことが可能となる。コヒーレントイジングマシンを用いて、図1(b)のように日本地図のグラフ構造においてクラスタリング問題の解探索を行った結果、 $l=3$ においてクラスタリング問題の評価指標であるモジュラリティが最大となる5状態の最適解探索に成功した。加えて、グラフ構造の更新に際してデジタル計算機による簡易な補正アルゴリズムを挿入し、物理計算機とのハイブリッドな情報処理を行うことで、ポッツモデルの最適解探索の正答率をさらに向上できることを確認した。

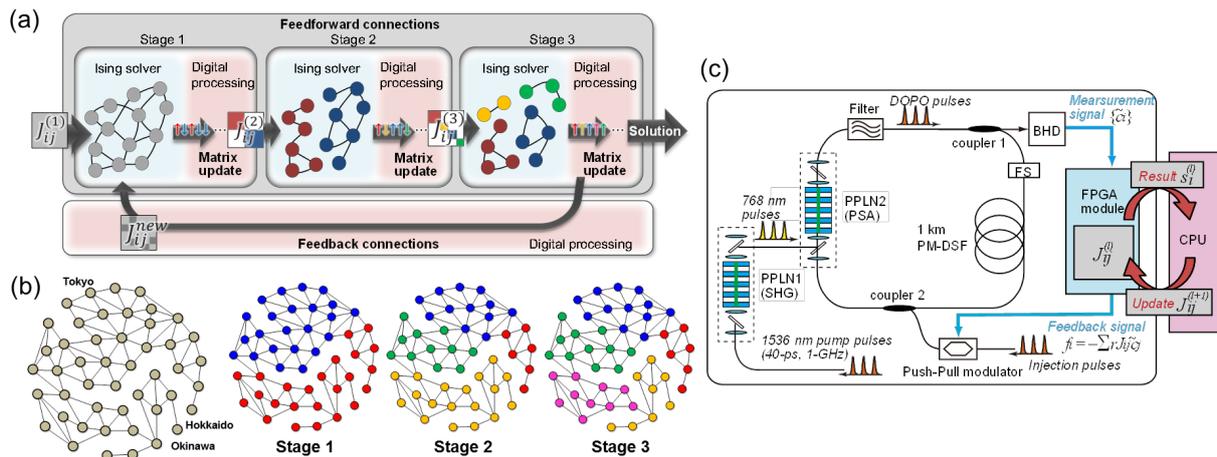


図1 (a)イジングモデルソルバを用いたポッツモデルの解探索 (b)日本地図のクラスタリング問題の計算過程 (c)実験概略図

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。

[1] T. Inagaki et al., Nature Photon. **10**, 415 (2016).

[3] T. Inagaki et al., Science **354**, 603 (2016).

[3] R. Hamerly et al., Science Advances **5**, eaau0823 (2019).

[2] H. Takesue et al., Opt. Lett. **41**, 4273 (2016).

[4] F. Böhm et al., Nature Comm. **9**, 5020 (2018).

[6] 稲垣他, 2018年応用物理学会秋季学術講演会 19p-232-3.