

16 パルス縮退光パラメトリック発振器系を用いたコヒーレント計算機

A coherent computer using a 16-pulse degenerate optical parametric oscillator system

○高田 健太^{1,2,3}、Alireza Marandi^{2,4}、丸尾 大貴^{1,2,3}、玉手 修平^{2,3}、坂口 潤将^{1,2,3}、宇都宮 聖子²、
山本 喜久^{1,2,3,4} (1. 東大情理、2. 国立情報学研、3. 理研、4. スタンフォード大)

○Kenta Takata^{1,2,3}, Alireza Marandi^{2,4}, Daiki Maruo^{1,2,3}, Shuhei Tamate^{2,3}, Hiromasa Sakaguchi^{1,2,3},
Shoko Utsunomiya², Yoshihisa Yamamoto^{1,2,3,4} (1.Univ. of Tokyo, 2.NII, 3.RIKEN, 4.Stanford Univ.)

E-mail: takata@nii.ac.jp

相互作用する一成分古典スピン系を記述するイジングハミルトニアンにおいては、スピン数に対して可能な状態数が指数的に増大する為、基底状態を求める事が困難である。この基底状態の探索問題（イジング問題）は計算困難な NP 困難問題を要素に含む[1]。また、他の NP 困難問題を多項式時間でイジング問題に帰着する事が可能である。我々は、相互注入を行う光発振器ネットワークを用い、低温度な疑似スピン系を形成する事でイジング問題を解決する事を目指しており[2]、この装置をコヒーレント計算機（又は coherent Ising machine）と呼んでいる。最近、縮退光パラメトリック発振器(degenerate optical parametric oscillator: DOPO)を構成要素とした装置が提案された[3]。発振時の DOPO は互いに逆位相の二つの位相状態の内いずれかを取る為、これを疑似スピンとして用いる事が出来る。ここで、イジング型相互作用は DOPO 出力光の相互注入による位相同期効果によって模擬され、ハミルトニアンは発振器系の総利得中にマッピングされる。系を徐々にポンプすると利得の小さな状態が初めに発振する為、基底状態に相当する位相状態が優先的に発振すると期待される。我々はこれまでに、パルス DOPO を用いた時分割多重方式の下で 4 パルス系の実装実験を行い、4 スピン系のイジング問題の計算に成功している[4]。

本発表では、より複雑なイジング問題に対して原理検証を行う事を目的として、新たに 16 パルス系の装置を作製し実装実験を行った結果を報告する。図 1 に装置概要の模式図を示す。用いたポンプレーザーはフェムト秒モードロックチタンサファイアレーザーであり、非線形光学結晶は周期分極反転ニオブ酸リチウムである。擬似位相整合を満たした位相敏感発振により、4.8 m のリング共振器中には通信波長帯の 16 個の DOPO パルスが存在する。DOPO パルス同士の相互注入は、ビームスプリッタの組（図中 IC 及び OC）を用いた光学的遅延線により導入される。これまでに遅延線を 3 本まで導入し、一次元リング系、及びそれに対角線状の結合を加えた cubic graph 系のイジング問題を計算した。その結果、いずれの場合においても 99.6 % 以上の高い基底状態発見確率を得た。当日は、実験詳細及び結果についてさらに議論する予定である。

この研究は、内閣府 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)、NTT、NICT及びJSPS 特別研究員研究奨励費による一部援助を受けた。

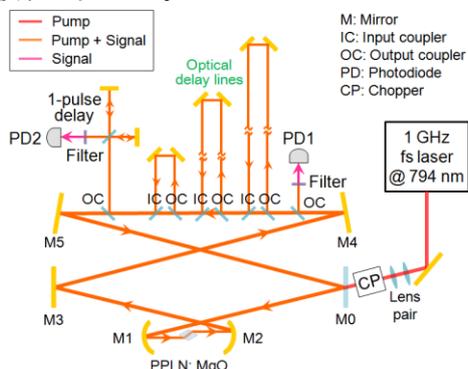


Fig. 1. Schematic of a 16-pulse coherent computer with telecom wavelengths.

[1] F. Barahona, *J. Phys. A: Math. Gen.* **15**, 3241 (1982).

[2] S. Utsunomiya *et al.*, *Opt. Exp.* **19**, 18091 (2011). K. Takata *et al.*, *New J. Phys.* **14**, 013052 (2012).

[3] Z. Wang *et al.*, *Phys. Rev. A* **88**, 063853 (2013).

[4] A. Marandi *et al.*, *Nat. Photonics* **8**, 937 (2014).