

# コヒーレントイジングマシンによる組合せ最適化

## Combinatorial optimization with coherent Ising machine

NTT 物性科学基礎研究所 稲垣卓弘

NTT Basic Research Laboratories Takahiro Inagaki

E-mail: inagaki.takahiro@lab.ntt.co.jp

難解な組合せ最適化問題の多くは、イジングモデルの基底状態探索問題に変換可能であり、それを様々な物理系に実装することで高速かつ効率的な基底状態探索を可能にするイジング型計算機の研究が近年行われている。これまでに超伝導回路[1]や CMOS 回路[2]など、それぞれの物理系の性質を活かしたイジング型計算機が既の実現され、デジタルコンピュータとの性能比較が進んでいる。我々は、新しい原理で動作するイジング型計算機として、2,000 個の縮退光パラメトリック発振器によるコヒーレントイジングマシンを実現し、複雑なグラフ構造における組合せ最適化問題の解探索を行ってきた。コヒーレントイジングマシンでは、イジングモデルのスピン状態として、縮退光パラメトリック発振器の離散化した2つの光位相を用いる。そして、図 1(a)のように全長 1 km の長距離光ファイバリング共振器を構築し、その1周を時間領域で多重化することで2,000 個を超える縮退光パラメトリック発振器の一括発生が可能となる[3]。さらに、測定・フィードバック法と呼ばれる手法を導入することで、異なる時間領域にある縮退光パラメトリック発振器間に任意の光結合を実現している[4]。

コヒーレントイジングマシンの性能評価として、様々なグラフ構造でのイジングモデルの基底状態探索を行っており、基礎的な1次元や2次元のイジングモデルの模擬実験では、コヒーレントイジングマシンが極低温下のスピン集団の強磁性・反磁性的な振る舞いをよく模擬していることを実証した[5,6]。また、組合せ最適化問題の1つである最大カット問題の解探索を行い、その厳密解探索の成功確率や近似解の解精度の比較実験を他種のイジング型計算機やデジタルコンピュータと行っている[4,7]。これに加えて、アプリケーション探索に向けたクラウド化や実装可能なイジングモデルの大規模化など、コヒーレントイジングマシンの最新状況について報告する。

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。

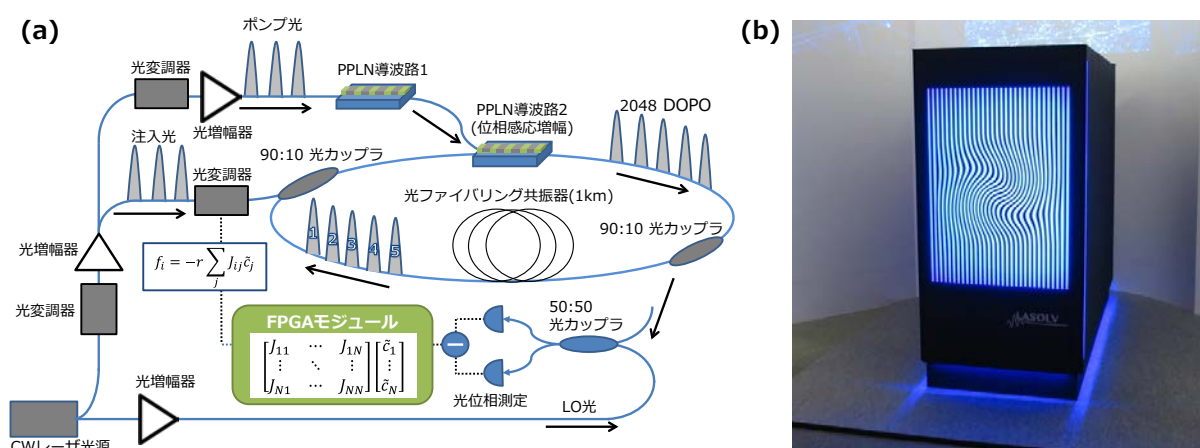


図 1 (a) 測定・フィードバック法によるコヒーレントイジングマシンの構成図 (b) NTT 物性科学基礎研究所に設置される最新のコヒーレントイジングマシン「LASOLV」の外観

[1] M. W. Johnson *et al.*, Nature **473**, 194 (2011).

[2] M. Yamaoka *et al.*, ISSCC 2015, 24.3.

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

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

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

[6] 稲垣他, 2017 年応用物理学会秋季学術講演会 5p-A414-8.

[7] R. Hamerly *et al.*, <https://arxiv.org/abs/1805.05217> (2018).