パラメータ調整可能な多重化空間フォトニックイジングマシンの性能評価

Performance Evaluation of Multiplexed Spatial-Photonic Ising Machine with Parameter Tuning

阪大院情　○坂部 拓実，下村 優，小倉 裕介，大久保 健一，山下 洋史，鈴木 秀幸，谷田 純

Osaka Univ.　°Takumi Sakabe, Suguru Shimomura, Yusuke Ogura, Ken-ichi Okubo,

Hiroshi Yamashita, Hideyuki Suzuki, Jun Tanida

E-mail: t-sakabe@ist.osaka-u.ac.jp

組み合わせ最適化問題を効率的に解く手法として，最適化モデルを物理的に実装するイジングマシンが研究されている．近年，空間光変調を利用してモデルのパラメータを物理的に表現し，解の探索を行う空間フォトニックイジングマシン（SPIM）が実証された [1]．我々は，制限のあった相互作用行列の表現の自由度を高め，実行可能な問題を拡張するために多重化 SPIM システムを検討してきた [2]．多重化 SPIM では，相互作用を符号化する振幅変調ξ_iを空間的に多重化して問題を解く．$\alpha^{(n)}(n=1,2,\cdots,N)$を任意の定数とすると，ハミルトニアンは$\mathcal{H}=-\sum_n^N \alpha^{(n)} \sum_{jh} \xi_j^{(n)} \xi_h^{(n)} \sigma_j \sigma_h$と表現できる．このような形式で書ける問題にナップザック問題があり，最適解を得るためには制約項とコスト項の係数比を適切に設定する必要がある [3]．多重化 SPIM では，ハミルトニアン中の係数比$\alpha^{(n)}$は，各項を符号化する光の強度比に相当する．本研究では，多重化 SPIM において，符号化光の強度比を光学的に調整することで解探索の特性を変化させ，性能を向上する手法を検証した．

光変調の空間分割多重（N=2）に基づき，Fig. 1 の光学系を構築した．振幅型空間光変調器 SLM1 を 2 つの領域に分割し，それぞれで独立した$\xi_i^{(n)}$を表現する．コスト項を符号化する光路に ND フィルタを導入し，ハミルトニアンにおける制約項の相対的な強さを制御した．Fig. 2 に，あるナップザック問題において，制約項の相対的な強さと，解探索の反復中に制約条件を破った平均回数の関係を示す．制約項の影響をコスト項に対し大きくすると，制約条件を守った探索が行われやすいことが分かる．この結果は，ND フィルタの透過率を調整することで解の探索特性を制御でき，探索の効率化に寄与する可能性を示している．

本研究は JST CREST，JPMJCR18K2 の助成を受けたものである．

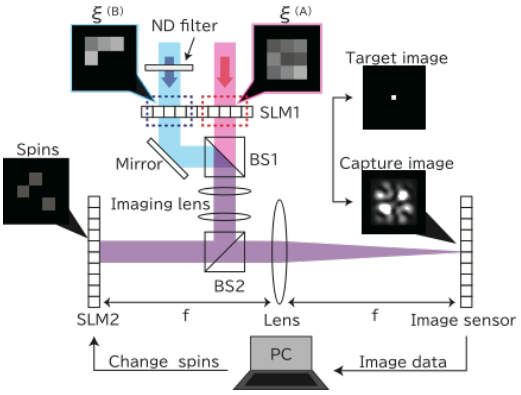

Fig. 1 Space-division multiplexed SPIM system

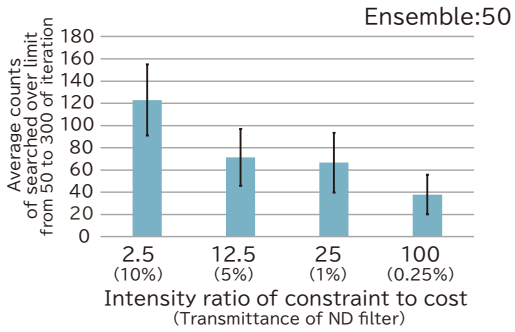

Fig. 2 Counts of searched solutions broke the weight constraint

参考文献

1) D. Pierangeli, et al., Phys. Rev. Lett. 122(21), 213902 (2019).
2) 坂部拓実，他，日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2022, 14aD9 (2022).
3) A. Lucas, Front. Phys. 2, 1 (2014).