

半導体リングレーザーの高速ランダムスイッチングダイナミクスを用いた意思決定の検討

Decision making using fast random switching dynamics in semiconductor ring lasers

金沢大¹, 埼玉大², 情報通信研究機構³

○(M1)本間 竜太郎¹, (B)河内 聡志¹, 新山 友暁¹, 内田 淳史², 成瀬 誠³, 砂田 哲¹

Kanazawa Univ.¹, Saitama Univ.², NICT³

°Ryutaro Honma¹, Satoshi Kochi¹, Tomoaki Niiyama¹, Atsushi Uchida², Makoto Naruse³, and Satoshi Sunada¹

E-mails: ryutaro.honma@stu.kanazawa-u.ac.jp, sunada@se.kanazawa-u.ac.jp

1. 緒言 人工知能における強化学習(意思決定)は、動的に変化する環境下で、得られる報酬が最大となる選択肢を素早くかつ正確に判断することであり、報酬確率が未知である複数台のスロットマシンからの報酬を最大化する問題(多本腕バンディット問題)として定式化されている。報酬確率の高いマシンを知るためには探索が必要であるが、過度に探索すると最適な選択肢の判断が遅くなる。一方、探索が不足すると報酬確率の高いマシンを正確に推定することが困難になる。すなわち、素早さと正確さにトレードオフという関係が存在する。

近年、多本腕バンディット問題の効率的な解法として綱引きアルゴリズムが提案された[1]。この解法は、環境の変化(例:スロットマシンの報酬確率の変動)に対して適応的であり、物理システムへの実装が可能という特徴がある。これまでに、単一光子[2]やレーザーカオス[3]を用いた光システムへの実装が検討されてきたが、従来研究では実装原理に起因してシステムが大型であった。そこで、本研究では、超小型(半径1mm)の半導体リングレーザー集積回路チップを用いた意思決定について検討する。

2. 方法 半導体リングレーザーは、時計回り(CW)と反時計回り(CCW)の2つの発振方向が存在し、発振方向は時間的にランダムに入れ替わる現象が発生する。本研究では、そのランダムスイッチング現象の統計性(CW・CCW光の発振確率)を外部光の結合により制御し[4]、2本腕バンディット問題(2台のスロットマシン S_A , S_B から報酬確率の高いマシンを選択する問題)を解く。Fig. 1に示すように、CW光の検出を S_A の選択とみなし、CCW光の検出を S_B の選択とみなす。選択した S_A , S_B の当たりとはずれに対して外部光の結合を制御し、強化学習する。例え

ば、 S_A を選択(CW光を検出)し、当たった場合はCW光が検出されやすくなるように外部からCW光を結合させ、はずれた場合は外部からCCW光を結合させる。

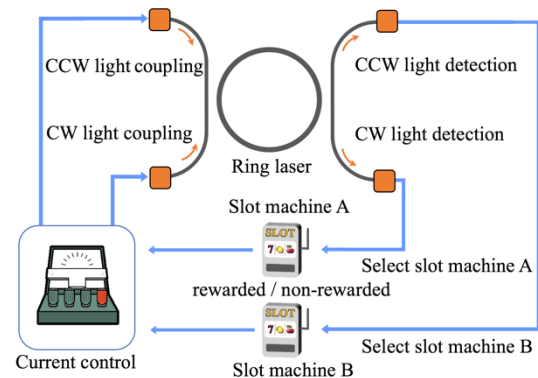


Fig. 1 Decision making with ring laser

3. 結果 Fig. 2に結果を示す。 S_A , S_B の報酬確率をそれぞれ $P_A=0.8$, $P_B=0.2$ とし、プレイ回数200回ごとに報酬確率を入れ替えた。報酬確率が高いマシンを選んだ割合の平均(correct decision rate)は報酬確率が入れ替わった直後に0に落ち込むが、その後1付近に回復しており、リングレーザーを用いて適応的な意思決定が可能であることが分かった。

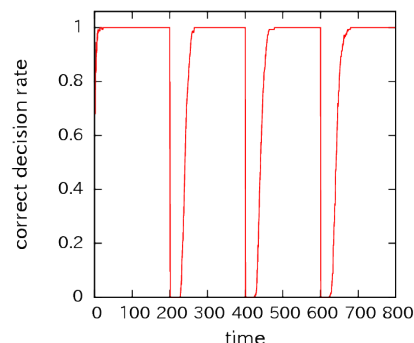


Fig. 2 Correct decision rate vs. number of trials

参考文献

- [1] S.-J. Kim et al., New. J. Phys. 17 (2015) 083023.
- [2] M. Naruse et al., Sci. Rep. 5 (2015) 13253.
- [3] M. Naruse et al., Sci. Rep. 7 (2017) 8772.
- [4] S. Sunada et al., Opt. Exp. 19 (2011) 7439.