

レーザネットワークの遅延カオス同期を用いた意思決定

Decision making using lag synchronization of chaos in laser network

埼玉大¹、東大情理²

○巳鼻 孝朋¹、菅野 円隆¹、成瀬 誠²、内田 淳史¹

Saitama Univ.¹, Univ. Tokyo²

○Takatomo Mihana¹, Kazutaka Kanno¹, Makoto Naruse², and Atsushi Uchida¹

E-mails: t.mihana.229@ms.saitama-u.ac.jp, auchida@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに: 近年、クラウドコンピューティングのような大規模ネットワークを利用する情報社会から、革新的な AI エッジコンピューティングに代表される小さなネットワークを利用する社会へと変革が生じている。小さなネットワークにおいてはエッジにおけるコンピュータの処理能力の向上が問題となっている。そこで CPU の処理能力だけではなく GPU に挙げられるような外部アクセラレータを利用した処理方式が研究されている。現在、GPU のような電子アクセラレータが盛んに利用されており、さらなる高速性や多重性の観点から、光アクセラレータの利用が注目されている[1]。

光アクセラレータの一例として、レーザカオスを用いて高速に意思決定を行う研究が報告されている[2,3]。これは、複数の当たり確率が未知のスロットマシンに対して総報酬の最大化を目的とする多腕バンディット問題を高速に解くことができる。本方式ではレーザカオスと綱引き理論[4]で制御されるしきい値を比較することで、当たり確率が最大となるスロットマシンを選択できる。さらにはトーナメントを構築することでスロットマシンの台数における拡張性(スケーラビリティ)を有している。

一方で、半導体レーザの遅延カオス同期を利用した実装実験も行われている[5]。この実装では2台のスロットマシンに対して相互結合された2つのレーザの同期現象を利用する。しかしながら、3台以上のスロットマシンに対するスケーラビリティについては未調査である。

そこで本研究では、一方向結合された半導体レーザ(レーザネットワーク)における遅延カオス同期を用いて、3台以上のスロットマシンに対する意思決定を数値計算により行うことを目的とする。

方法と結果: 遅延カオスを利用した意思決定では、各レーザに対してスロットマシンを対応させ、先行振動するレーザ(リーダー)に対応するスロットマシンを選択する[5]。つまり3台以上のスロットマシンに対応するためには、スロットマシンと同数のレーザに対してリーダーが一意に決定できる必要がある。そこで、Fig. 1(a)に示すようなレーザネットワークを構築する。このレーザネットワークは一方向結合によりリング状に結合することで一意にリーダーが決定できる遅延カオス同期が可能である。また、結合強度変化に対してリーダーの確率を制御できる。結合強度が小さくなるとその結合が切断されたと見なされるため、結合強度が最小の部分の後のレーザがリーダーになりやすくなる。

本手法における意思決定方式について説明する。スロットマシンの台数と同数のレーザを用意し、リング状に一方向結合させ、レーザネットワ

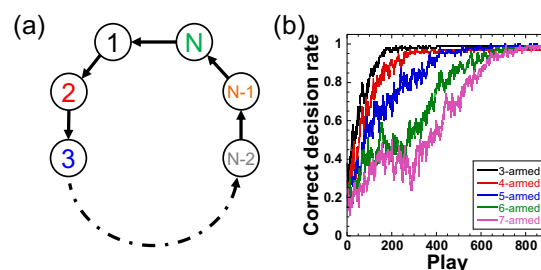


Fig. 1. (a) Schematic diagram of unidirectionally coupled laser network. (b) Correct decision rate for multi-armed bandit problem.

ークを構築する。レーザとスロットマシンを対応させ、リーダーレーザに対応するスロットマシンを選択する。その後スロットマシンの報酬からレーザネットワークの結合強度を変化させる。結合強度の変化量は綱引き理論[4]を用いて決定する。このようにレーザネットワークにおけるリーダーに対応するスロットマシンを選択し、スロットマシンの報酬からレーザネットワークの結合強度を繰り返すことで意思決定を行う。

本手法における意思決定を3台から7台のスロットマシンに対して行った。意思決定の評価として平均正答率を用いた。平均正答率は最も高い当たり確率のスロットマシンを選択できたかを平均的に評価する指標である。平均正答率が1に近づくことと最も高いスロットマシンを選択したことを示すため、意思決定が達成できたと言える。

平均正答率の評価結果をFig. 1(b)に示す。3台のスロットマシンの場合は、154回で平均正答率が0.95に達しており、意思決定を達成している。一方でスロットマシンの台数が増加すると、平均正答率が1に到達するまでの選択回数が増えていく。この原因として、スロットマシンの台数が増加することで、意思決定問題がより難しくなることが考えられる。しかしながらFig. 1(b)の全てのグラフで最終的に平均正答率は1に達しており、本手法による意思決定を達成できた。

まとめ: 本研究では一方向結合された半導体レーザ(レーザネットワーク)における遅延カオス同期を用いて、3台以上のスロットマシンに対する意思決定を数値計算により行い3台から7台のスロットマシンに対する意思決定を達成した。

参考文献

- [1] K. Kitayama, et al., APL Photonics, **4**, 090901 (2019).
- [2] M. Naruse, et al., Sci. Rep., **7**, 8772 (2017).
- [3] M. Naruse, et al., Sci. Rep., **8**, 10890 (2018).
- [4] S.-J. Kim, et al., NOLTA, IEICE, **5**, 198 (2014).
- [5] T. Mihana, et al., Opt. Exp., **27**, 26989 (2019).