

マルチモード半導体レーザのモード競合ダイナミクスを用いた意思決定における台数拡張性の調査

Investigation of large number of slot machines in decision making using mode competition dynamics in a multimode semiconductor laser

埼玉大¹, 東大情理² ○岩見 龍吾¹, 巳鼻 孝朋¹, 菅野 円隆¹, 成瀬 誠², 内田 淳史¹
Saitama Univ.¹, Univ. Tokyo²

°Ryugo Iwami¹, Takatomo Mihana¹, Kazutaka Kanno¹, Makoto Naruse², and Atsushi Uchida¹
E-mail: r.iwami.692@ms.saitama-u.ac.jp, auchida@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに: 近年、多腕バンディット問題における意思決定を光を用いて達成するという研究が行われている[1-4]。多腕バンディット問題とは、当たり確率が未知の複数台のロットマシンを試行する際に、総報酬の最大化を目指す問題である。光を用いた意思決定では、主に2つの状態間の変化が利用され、ロットマシンが2台の場合に適應されている[1, 2]。一方で、3台以上のロットマシンの場合への拡張方法は、2台の方式を階層状に組み合わせる方式[3]や、レーザネットワークを用いてレーザの数を増加させる方式[4]が提案されている。これらは、ロットマシンの配置により意思決定性能に差が生じることが示唆されており、ロットマシンの台数の増加に対する新たな拡張手法を検討することは重要である。

また、マルチモード半導体レーザは、複数の縦モード(波長)を有するレーザであり、ロットマシンを縦モードに割り当てることで、光の持つ性質を利用した拡張を行えることが期待できる。これまでに、戻り光を有するマルチモード半導体レーザのモード競合ダイナミクスを用いて、ロットマシンが5台の場合の意思決定が、数値計算により示されている[5]。しかしながら、ロットマシンの台数が増加した時の性能については調査が行われていない。

そこで本研究では、マルチモード半導体レーザのモード競合ダイナミクスを用いた意思決定において、ロットマシンの台数が増加した際の性能を数値計算により調査することを目的とする。

方法: 本研究で用いる意思決定方式の概念図をFig. 1に示す。本研究では、 M 個の縦モードを有するマルチモード半導体レーザに戻り光を加えた数値モデルを用いる[6]。ロットマシンと各モードを一对一に対応させ、ロットマシンが M 台の場合の多腕バンディット問題に適應させる。各モードの光強度を数値計算し、一定時間ごとに

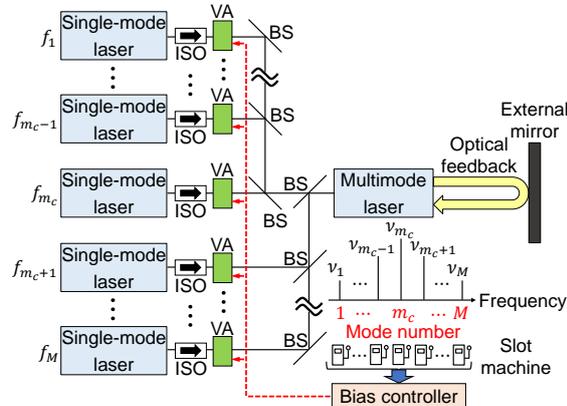


Fig. 1 Schematic of a multimode laser subject to optical feedback and injection. v_m : frequency of mode m , f_m : frequency of injection laser for mode m , BS: beam splitter, ISO: isolator, VA: variable attenuator.

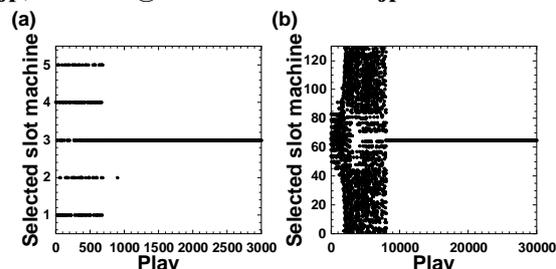


Fig. 2 Slot machine selection as a function of the number of plays. (a) The number of slot machines is $M = 5$, and (b) $M = 129$.

支配モード(光強度が最大のモード)を判定し、そのモードに対応するロットマシンを選択する。この時、ロットマシンの試行結果に応じ、外部からレーザ光を注入し、各ロットマシンの選択確率を制御する。モード数(およびロットマシンの台数) M を増加させた時の意思決定の性能を調査した。

結果: 中心モード m_c に対応するロットマシンの当たり確率を0.6に設定し、残りのロットマシンの当たり確率を0.4に設定する。この時のロットマシンの選択結果をFig. 2に示す。ロットマシンの台数およびモード数が $M = 5$ ($m_c = 3$)の時の結果をFig. 2(a)に示す。Fig. 2(a)では、試行回数が少ない段階から5台全てのロットマシンを選択し、最終的に当たり確率が最も高いロットマシン3を選択している。一方で、ロットマシンの台数が $M = 129$ ($m_c = 65$)の場合の結果をFig. 2(b)に示す。Fig. 2(b)では、試行回数が少ない段階では中心モード付近のロットマシンしか選択していない。しかしながら、試行回数が2000回程度に増加すると、端のモードに対応するロットマシンも選択している。そして全て探索した後、ロットマシン65が良いと判断され、最も当たり確率が高いロットマシンを選択できている。このように、ロットマシンの台数が増加した際に、中心モード付近が発振し易いというマルチモード半導体レーザの特徴が出現していることが分かる。

まとめ: 本研究では、マルチモード半導体レーザのモード競合ダイナミクスを用いた意思決定において、ロットマシンの台数が増加した際の性能を数値計算により調査した。ロットマシンの台数が増加すると、中心付近のモードに対応するロットマシンが初期の段階で選択され易いという特徴が出現することが分かった。

参考文献

- [1] M. Naruse, et al., Sci. Rep., **7**, 8772 (2017).
- [2] T. Mihana, et al., Opt. Express, **27**, 26989 (2019).
- [3] M. Naruse, et al., Sci. Rep., **8**, 10890 (2018).
- [4] T. Mihana, et al., Opt. Express, **28**, 40112 (2020).
- [5] R. Iwami, et al., Proc. NOLTA2020, **1**, 286 (2020).
- [6] Y. Liu, et al., Int. J. Bifurcation Chaos, **8**, 1685 (1998).