

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性能の調査

Study on decision making performance using mode competition dynamics in a multi-mode 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、光を利用した強化学習に関する研究が行われている[1-3]。これらは、多腕バンディット問題における意思決定に対して焦点が当てられている。多腕バンディット問題とは、報酬の得られる確率が未知の複数台のスロットマシンに対して有限回の試行を行い、総報酬を最大化する問題である。光を用いた意思決定では、主に2つの状態間の変化を利用し、スロットマシンが2台の場合に適用されている[1,2]。またスロットマシンが3台以上の場合への拡張方法として、2台の場合の方式を階層状に組み合わせる手法が提案されている[3]。しかしながら、この拡張方式はスロットマシンの配置による性能差が生じるため、拡張方式の検討が重要である。

多くのスロットマシンに対する意思決定方式として、戻り光を有するマルチモード半導体レーザにおける複数モード間の競合ダイナミクスを用いた多腕バンディット問題における意思決定方式が有用である[4]。しかしながら、マルチモード半導体レーザのモード競合ダイナミクスの各モード間の特性が、意思決定に与える影響は解明されていない。

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、意思決定性能のモード依存性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、戻り光を有するマルチモード半導体レーザの数値モデルを用いる。各モードとスロットマシンを1対1に対応させ、ある時刻において支配モード(光強度が最大となるモード)を観測し、そのモードに対応するスロットマシンを選択することとする。各モードが支配モードとなる確率(支配モード比)を外からレーザ光を注入することにより制御し、スロットマシンの選択確率を制御する。この方式において、光注入をした時の支配モード比の変化傾向が意思決定性能に影響を与えられ、光注入を

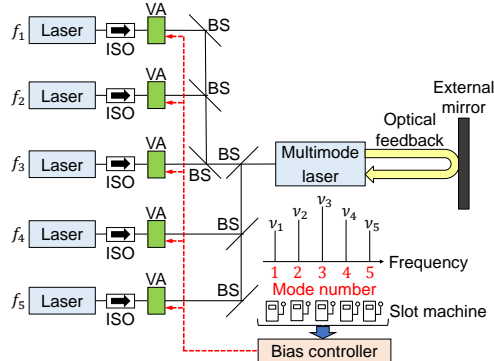


Fig. 1 Schematic of multimode laser subject to optical feedback and injection. v_i : frequency of mode i , f_i : frequency of injection laser for mode i , BS: beam splitter, ISO: isolator, VA: variable attenuator.

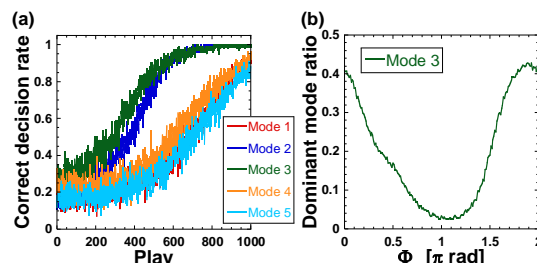


Fig. 2 (a) Comparisons of correct decision rate when one of the modes is assigned to the slot machine with the maximum reward probability of 0.6. (b) Dominant mode ratio of mode 3 when the optical feedback phase Φ_3 of mode 3 is changed.

行うモードによりその傾向が異なると、意思決定性能のモード依存性が生じると考えられる。

結果: スロットマシンが5台の場合の多腕バンディット問題において、1台の報酬確率を0.6に設定し、残り4台の報酬確率を0.4に設定する。この時、報酬確率が0.6のスロットマシンに対応させるモードを変化させて意思決定を行った。その時の平均正答率の比較を Fig. 2(a) に示す。ここで平均正答率とは、1000回の試行を100サイクル繰り返した時、試行回数 t で報酬確率が最も高いスロットマシンを選択したサンプルの割合を表す。Fig. 2(a) より、報酬確率を0.6に設定するモードが異なると平均正答率に差が生じ、意思決定性能が各モードに依存することが分かる。これは、光注入をした時の支配モード比がモードにより異なるためである。

次に、モードにより支配モード比が異なる理由を考察するために、モード3に対する注入光量を同一に設定し、モード3の戻り光の位相を Φ_3 だけ変化させた。その時の支配モード比を Fig. 2(b) に示す。Fig. 2(b) より、戻り光の位相が変化することで、同一の注入光量でも支配モード比の値が異なることが分かる。これより、マルチモード半導体レーザにおいて、各モードの発振周波数が異なるため戻り光の位相も異なり、その結果、モード毎に支配モード比が異なり、意思決定性能のモード依存性が生じたと考えられる。

まとめ: 本研究では、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た意思決定性能のモード依存性を数値計算により調査した。戻り光の位相が各モードで異なる結果、注入した時の支配モード比がモードにより異なり、意思決定性能のモード依存性が生じることが分かった。

参考文献

- [1] T. Mihana, et al., *Opt. Express*, **27**, 26989 (2019).
- [2] R. Homma, et al., *Sci. Rep.*, **9**, 9429 (2019).
- [3] M. Naruse, et al., *ACS Photonics*, **3**, 2505 (2016).
- [4] 岩見ら, 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 03-686 (2019).