

## 深層強化学習によるレーザー共振器の自律最適化

### Autonomous optimisation of laser cavity using Deep Reinforcement Learning

浜松ホトニクス(株)<sup>1</sup>, 東大物性研<sup>2</sup>, <sup>○</sup>池谷 有貴<sup>1,2</sup>, 関根 尊史<sup>1</sup>, 谷 峻太郎<sup>2</sup>,

乙津 聡夫<sup>2</sup>, 遠藤 翼<sup>2</sup>, 森田 宇亮<sup>1</sup>, 玉置 善紀<sup>1</sup>, 加藤 義則<sup>1</sup>, 川嶋 利幸<sup>1</sup>, 小林 洋平<sup>2</sup>

Hamamatsu Photonics K.K.<sup>1</sup>, ISSP, Univ.Tokyo<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Yuki Ikeya<sup>1,2</sup>, Takashi Sekine<sup>1</sup>, Shuntaro Tani<sup>2</sup>,

Toshio Otsu<sup>2</sup>, Tsubasa Endo<sup>2</sup>, Takaaki Morita<sup>1</sup>, Yoshinori Tamaoki<sup>1</sup>, Yoshinori Kato<sup>1</sup>,

Toshiyuki Kawashima<sup>1</sup>, and Yohei Kobayashi<sup>2</sup>, E-mail: [yuki.ikeya@hpk.co.jp](mailto:yuki.ikeya@hpk.co.jp)

レーザー共振器の開発において出力光の波面・強度分布の均一性や動作安定性など所望の特性を達成するためには光学系の制御パラメーターを最適化する必要があり、これには熟練した技術者でも膨大な時間を要する。強化学習(目的と状況に応じて最適な行動を選択する機械学習手法)はレーザーの自律最適化に適した手法であると考えられるが、ノイズや環境揺らぎが存在する現実のレーザーシステムへ適用できるかは未知である。レーザー共振器の制御手段の1つとして、ミラーの代わりに空間光位相変調器(LCOS-SLM)を用いることで、自由度の高いミラーの角度やレンズの曲率などを動的かつ高速に制御することを考えた。LCOS-SLMを配置した共振器において、Qテーブルを用いた強化学習の原理実証に取り組んできた [1]。講演では、LCOS-SLMを配置した共振器に初めてディープQネットワーク(DQN)を適用し、出力最大化を試みた結果を報告する。

Fig.1に実験セットアップを示す。LCOS-SLMにフレネルレンズの位相パターン情報を与えた。フレネルレンズの焦点距離( $f$ )と発振画像から算出した輝度の積算値との2つを「状態」として定め、 $\pm 20\text{mm}$  (1 mm 間隔)の焦点距離を「行動」として設定し、出力が大きいほど高い「報酬」を与えることで出力が最大化するように学習させた。出力最大化の探索を行い、学習回数に対してDQNにより選択した $f$ の結果を Fig.2に示す。2000回の試行後に学習をスタートさせた。学習回数の増加に伴い選択された $f$ が150 mm付近に収束し、到達出力が増大していることも確認できた。これは学習が進むにつれてネットワークが適切に更新されていることを示している。測定結果のばらつき実際の実験系で深層強化学習が有効であることを示唆したこの結果は、今後、多次元パラメーターでの深層強化学習の適用が期待できる。講演では実験系や検証結果の詳細を報告する。

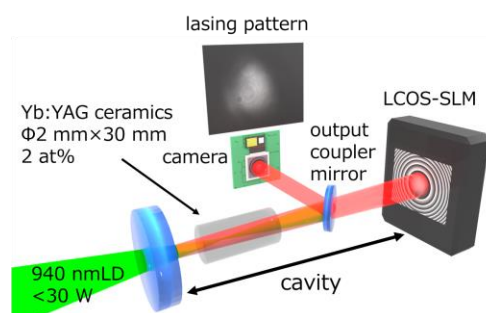


Fig.1 Experimental setup

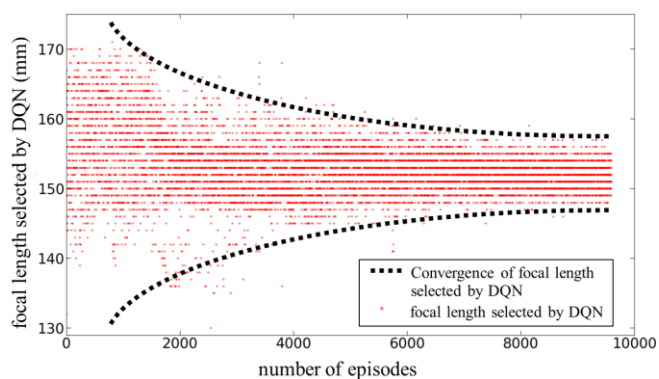


Fig.2 focal length selected by DQN vs. number of episodes

[1] 池谷有貴 他 第85回応用物理学会秋季学術講演会 20P-A37-4 (2024).