## 機械学習を活用したフォトニック結晶共振器の2つのモードの同時最適化 Simultaneous optimization of two-modes of a photonic cavity based on machine learning

<sup>O</sup>浅野 卓<sup>1</sup>, 高橋 和<sup>2</sup>, 野田 進<sup>1</sup> (京大院工<sup>1</sup>, 大阪府大院工<sup>2</sup>) Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Osaka Pref. Univ.<sup>2</sup> °T. Asano<sup>1</sup>, Y. Takahashi<sup>2</sup>, S. Noda<sup>1</sup> E-mail: tasano@goe.kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 2 次元フォトニック結晶(2D-PC)をもちいた共振器は波長程度の微小領域に長時間光を閉じ込め ることが可能であり、光バッファメモリや Si ラマンレーザ等の高度な光機能が実現できる。我々は 実験と理論の両面から 2D-PC 共振器の高 Q 値化(=低損失化)に取り組んできた。また、最近 2D-PC の高い構造自由度を活用するべく、機械学習による最適化手法を提案・実証<sup>1,2)</sup>した。今回、2D-PC 共振器の 2 つの共振モードを利用するラマンレーザの高性能化に向けて、機械学習による同時最適 化を試みたので報告する。 [基本構造] 図 1(a),(b)に対象とする共振器構造を示す。Si 薄板に三角格 子状に空気孔を配列した 2D-PC をベースとし、孔を一列分埋めた上で格子定数(a)に変調を加える ことで光を閉じ込める構造である。図 1(a)の基本モードと(b)の高次(ポンプ)モードの周波数差は 15.6THz(結晶 Si のストークスシフト量)となるように設計されており、ポンプモードに光を注入す ると基本モードにラマンゲインが発生する。基本モードのQ値(Qs)とポンプモードのQ値(Qp)の積 が高いほど低閾値でレーザ発振が生じ、Siのみを用いて微小レーザが実現できる。しかしながらこ れらのモードの電界分布は大きく異なるため、構造変化に対する応答も異なり、Qs と Qp の両方が 増大するように構造を最適化するのは困難であった。[最適化]機械学習を利用して初期構造(図 1(a)=(b))の孔位置を調整することを試みた。まず、初期構造からの孔位置シフトパターンに対して2 つの値を出力する畳み込みネットワーク(CNN)を準備し、これに 900 個のランダムに生成した孔シ フトパターンと、各パターンに対して第一原理計算で求めた Os, Op の組を学習させた。 テストデー タに対する、学習後 CNN の予測値と第一原理計算値の相関係数は Qs, Qp についてそれぞれ 0.94,0.92 と高い値が得られた。Qs と Qp の直接の相関係数は 0.3 程度と小さかったため、これは CNN が独立 な{構造と Qs}、{構造と Qp}の関係を同時に学習できていることを意味する。 次に学習後 CNN を用 いて Qs と Qp の積が大きくなるように孔シフトパターンの最適化を行った。その結果の一例を図 1(c),(d)に示す。同図より機械学習に基づく複雑な孔位置シフトを施すことで、Qs が 5.0×10<sup>6</sup>から 1.2×107へと、Qpが 5.4×105から 6.1×106へと増大しており、電磁界分布が異なるにもかかわらず同 じ構造修正で両者が大きく増大していることが分かる。詳細は当日報告する。[文献] 1) 浅野,野田,18 春応物, 20p-C301-5. 2) T. Asano and S. Noda, Opt. Exp 26, 32704 (2018). [謝辞] 本研究の一部は国立研究 開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて行われた。

