

## 機械学習を用いたフォトニック結晶ナノレーザの Q 値向上

## Improvement of Q factor of Photonic Crystal Nanolaser using Machine Learning

横国大院工 ○武田太一 阿部遼太郎, 白鳥遼, 白川真一, 斉藤翔汰, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., T. Takeda, R. Abe, R. Shiratori, S. Shirakawa, S. Saito, T. Baba

E-mail: takeda-taichi-jt@ynu.jp

我々は, GaInAsP 半導体にフォトニック結晶 (PC) の円孔配列と H0 型共振器を配置したナノレーザを開発し, これをバイオセンサとして用いてきた<sup>1)</sup>. ナノレーザの性能を決める一つの要素が共振器 Q 値である. H0 型は空気中で 10 万以上の Q 値と極小モード体積をもつが, バイオセンシングの溶液中では屈折率差が小さくなり, Q 値が大幅に低下する. PC 共振器の Q 値は円孔の位置によって大きく変化することが知られており, 従来, 手動でその位置を調整し, FDTD 法によって Q 値を調べる作業が繰り返されてきたが, これでは調整できる円孔数に限界がある. 最近, 機械学習によるヘテロ型 PC 共振器の多くの円孔の最適化が報告された<sup>2)</sup>. そこで本研究でも, H0 型共振器に対して同様の最適化を試みた.

図 1 に H0 型共振器構造を示す. 基本的には屈折率 1.3 の背景媒質に置かれた屈折率 3.4, 厚さ 160 nm のスラブに直径 260 nm の円孔が三角格子配列され, 中央の 2 つの円孔が左右外側に 80 nm シフトした構造が初期構造となる. 赤色の円孔の  $x, y$  方向のシフトを 19 次元の入力データとし, Q 値を出力とした. 機械学習モデルには, 線形回帰モデルである Ridge 回帰, Lasso 回帰, 非線形モデルであるランダムフォレスト回帰を試した. 図 1 では黒の初期構造に対し, 赤の最適構造の円孔位置がそれぞれわずかにずれていることがわかる. Q 値は 16494 から 65254 に向上した. 図 2 に線形モデルの係数から推測された各円孔の Q 値との相関を示す. さらに図 3 はテストデータに対する決定係数  $R^2$  の比較である. ここでは Ridge 回帰が 0.97, ランダムフォレスト回帰が 0.92 となり, 前者の方が優秀であった. なおニューラルネットワークを用いた最適化は別途発表する<sup>3)</sup>.

なお, 本研究は科研費基盤(S)の支援を得て行われている.

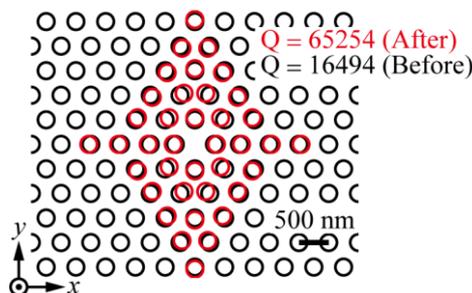


図 1 H0 型共振器の平面構造. 黒は従来構造. 赤は最適化後の構造.

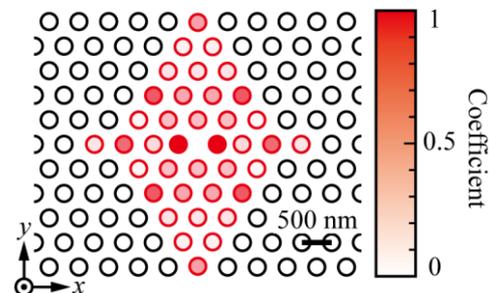


図 2 Q 値との相関分析. 赤色が濃いほど, 相関が大きい.

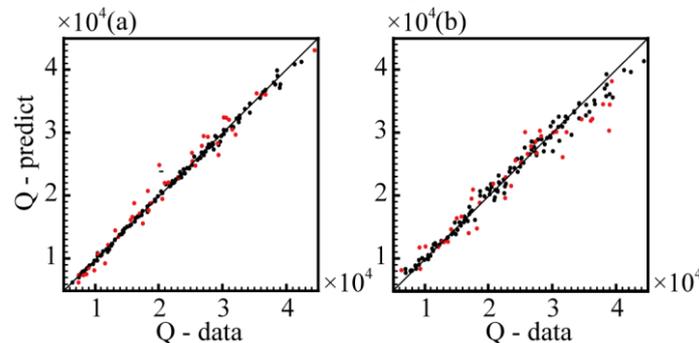


図 3 モデルの性能比較. (a) Ridge 回帰. (b) ランダムフォレスト回帰.

参考文献 1) 馬場ほか, *IEICE, J100-C* (2017) 61. 2) T. Asano et al., *Opt. Express*, **26** (2018) 32704. 3) 阿部ほか, 本会 (2019).