

ニューラルネットワークを用いたフォトニック結晶ナノレーザの構造最適化 Structural Optimization of Photonic Crystal Nanolaser using Neural Network

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

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

E-mail: abe-ryotaro-fk@ynu.jp

我々は, 図 1 に示すような GaInAsP フォトニック結晶 (PC) H0 型ナノレーザを開発し¹⁾, バイオセンサに応用してきた²⁾. また, PC の構造を最適化することで, ナノレーザの共振器の性能指標となる Q 値を向上させてきた. このナノレーザはモード体積が特に小さいが, L3 型やヘテロ型など比較的大きな共振器に比べると Q 値向上の議論は多くない. ところで, 最近, 機械学習を用いたヘテロ型共振器の自動最適化による Q 値向上が議論された³⁾. そこで, 本研究でも, 同様に H0 型の最適化を試みた.

ここでは機械学習にニューラルネットワーク (NNW, 隠れ層 2, ニューロン数 300) を用い, 入力として PC の 13 個の円孔の x, y 方向のシフト量 (最大 ± 5 nm), 出力として Q 値を設定した. Q 値の計算には FDTD 法 (Lumerical, FDTD Solutions) を用いた. シフト量と Q 値のデータセットを 3200 個収集し, NNW に学習させたときの NNW の予測誤差の推移を図 2 に示す. 50000 回の学習で誤差は 1 %まで減少した. FDTD 計算値と NNW 予測値との相関を図 3 に示す. トレーニングデータに対する相関係数は 99 %, テストデータでも 97 %となった. 図 4 は最適化前 (黒線) と最適化後 (赤線) の構造である. 実験を反映させて, PC のスラブの厚さを 160 nm と薄く設定したため, 当初の Q 値は 16,500 と小さかったが, きわめてわずかな円孔シフトにも関わらず, 最終的な Q 値は 118,300 まで向上した.

なお, 本研究は科研費基盤 (S) の支援を得て行われている.

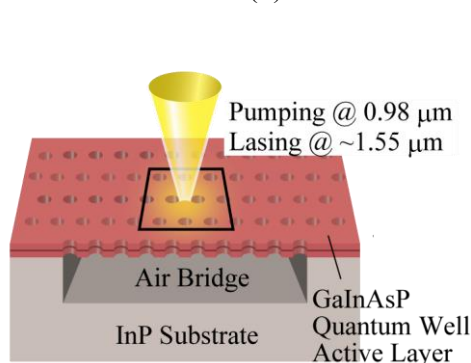


図 1 PC ナノレーザの概要.

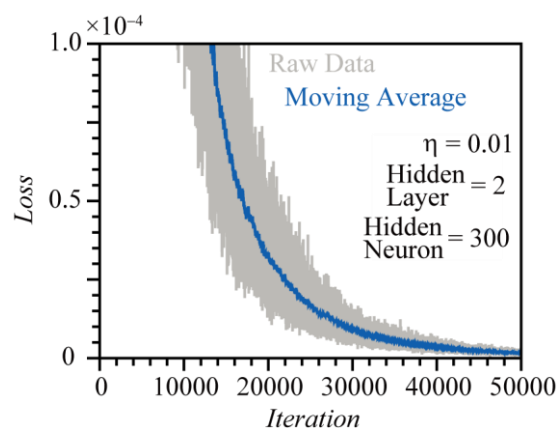


図 2 NNW の学習の推移.

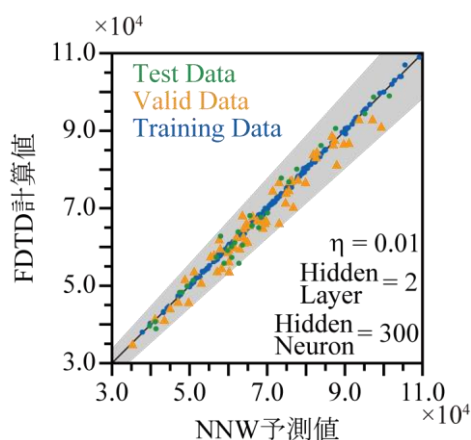


図 3 FDTD 計算値と NNW 予測値との相関.

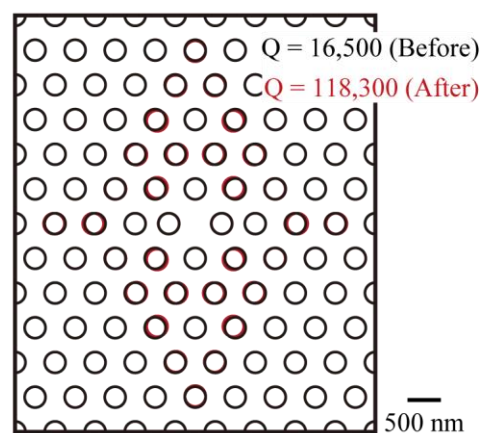


図 4 最適化前後の構造の比較.

参考文献 1)S. Kita et al., *IEEE*, **17** (2011) 1632. 2)S. Kita et al., *Opt. Express*, **19** (2011) 17683. 3)T. Asano et al., *Opt. Express*, **26** (2018) 32704.