

ニューラルネットワークによるフォトニック結晶格子点構造の 3次元モデリングの検討 II

Investigation on Three-dimensional Modeling for Photonic-crystal Lattice-structure by Using Neural Network II

京都工繊¹, 京大院工², 京大院情報³, ○田上 智基¹, 北村 恭子^{1, 2}, 吉田 昌宏²,
末永 幸平³, 石崎 賢司², 野田 進²

Kyoto Inst. Tech.¹, Kyoto Univ.^{2, 3}, Tomoki Tanoue¹, Kyoko Kitamura^{1, 2}, Masahiro Yoshida², Kohei
Suenaga³, Kenji Ishizaki², Susumu Noda²

E-mail: m8621036@edu.kit.ac.jp, kyoko@kit.ac.jp

【序】フォトニック結晶レーザー(PCSEL)は、高輝度・高出力の面発光型半導体レーザー光源として期待されている。最近、二重格子構造などの高ビーム品質・高出力動作に適したフォトニック結晶構造により、ピーク出力 10W 級の動作が実現された[1]。ここで、このような PCSEL の動作特性の解析や、さらなる高性能化に向けた検討において、有機金属気相成長法等を用いて半導体レーザー内部に内包されたフォトニック結晶格子点空孔の 3 次元形状のモデリングが極めて重要となる。我々はこれまでに、格子点空孔 3 次元形状の高速かつ精密な同定のために、ニューラルネットワークを用いた画像処理によって自動的に輪郭を抽出する手法を提案している[2]。実験結果を教師データとして学習させるような場合に課題となる訓練データに対しては、画像変形によるデータ増強が有用であるが、今回、その有効性について検討したので報告する。【方法と結果】ニューラルネットワークには、生体分野の画像認識において実績のある U-Net を用いた。データセットとして、入力データには空孔断面の電子顕微鏡画像、正解データには手作業で抽出した輪郭情報を元に空孔内外を 1 と 0 で二値化した白黒画像を使用した。図 1(a)は入力データ、(b)は正解データの例である。このようなデータセットを 500 組用意し、この内 50 組を学習に使用しない検証用データとした。図 1(c)はデータ増強を行わずに、450 組のデータセットにより学習した場合の学習結果を示している。横軸の 1 epoch は 450 回の学習に相当し、全体で 45,000 回の学習を行っている。縦軸の損失は、画素毎の Dice 係数の平均であり、出力データと正解データの誤差に相当する。一例として、同図(d)～(f)は様々な画像変形によるデータの増強を行い学習した結果であり、(d)では画像の上下方向へのシフト、(e)では回転($-20^\circ \sim +20^\circ$)、(f)では上下左右反転を示す。なお、各変形においては、ランダムにパラメータを設定した。データ増強をしていない、同図(c)および、(d)の上下シフト増強においては、訓練データと検証データの損失の低下速度に乖離が見られる。一方で、同図 (e), (f)では損失の低下速度に大きな乖離が無く、訓練データの増強の効果が見られるものの、全体として検証データの損失の大きな低下は見られなかった。これは、フォトニック結晶の作製時のプロセス安定性に起因して、入力の電子顕微鏡画像において、これらの画像変形に対する有意なバラツキを持たないためと考えられる。画像の拡大・縮小や、一部の切り出し(クロップ)を与えた場合や、これらの輪郭抽出像の 3 次元化についてなど、詳細は当日報告する。【謝辞】本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、JST-CREST(JPMJCR17N3)の援助を受けた。【文献】[1] M. Yoshida, S. Noda, et al, *Nat. Mater.* 18, pp. 121–128 (2019). [2] 田上, 野田 他, 2018 年春季応物, 20a-P3-1.

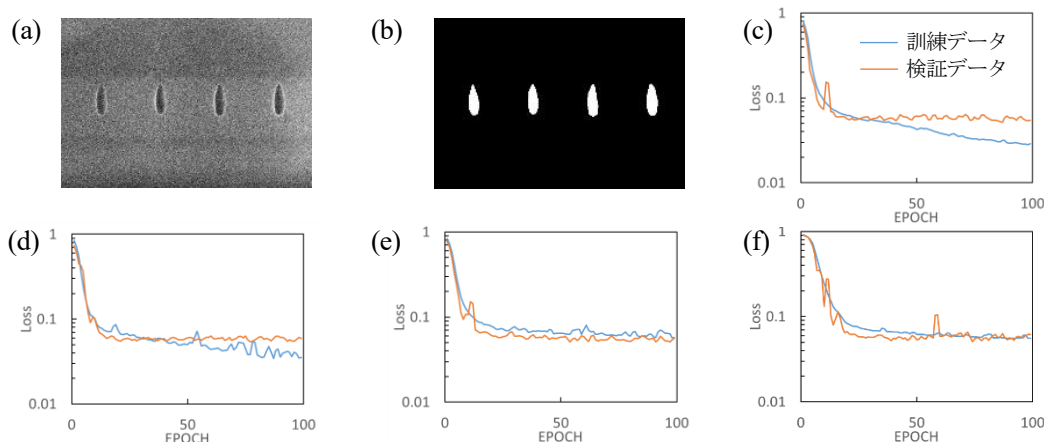


図 1: (a)入力データの例、(b)正解データの例、(c)増強を与えない場合、(d)上下シフト、
(e)回転、(f)上下左右反転によるデータ増強を行った場合の学習経過