

ディフラクティブディープニューラルネットワークのシミュレーション

Simulation for diffractive deep neural network

長岡技科大¹, 愛知工大², 豊田工大³ ○(M2) 赤池 拓郎¹ (M2) 藤田 拓実¹, (M2) 坂口 穂貴¹,
野中 尋史², 鷲見 聡³ 栗野 博之³, 石橋 隆幸¹

Nagaoka Univ. Tech.¹, Aichi Inst. Tech.², Toyota Tech. Inst.³ T. Akaike¹, T. Fujita¹,
H. Sakaguchi¹, H. Nonaka², S. Sumi³, H. Awano³, T. Ishibashi¹

E-mail: ta_akaike@stn.nagaokaut.ac.jp

ディフラクティブディープニューラルネットワーク (D²NN) は、高速かつ低消費電力で動作する物理実装可能な光ニューラルネットワークデバイスとして期待されている。しかしながら、その実現のためには、位相変調を行う隠れ層の間だけでなく、隠れ層内部も含めた光伝搬について理解する必要がある。そのため本研究では、有限要素法による D²NN 内部の光伝搬シミュレーションによる解析を行っている。

今回シミュレーションを行った D²NN モデルの概略図を Fig. 1 に示す。この D²NN デバイスは、1 次元に配置されたニューロンにより構成される複数の隠れ層からなる。入力光は、隠れ層で位相変調を受け、順次次の層へ伝搬し、最終的に出力信号として検出される。今回は、幅 $3.1\ \mu\text{m}$ 、長さ $0.5\ \mu\text{m}$ のニューロンを 196 並べた隠れ層を $40\ \mu\text{m}$ の間隔で 5 層並べたモデルを構築した。各隠れ層の間は空気とし、モデル全体を幅 $8\ \mu\text{m}$ の電磁波吸収層 (PML) で囲った。入力光は、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ の直線偏光とし、 14×14 画素の手書き数字を 1 次元に変換したものを入力信号として用い、10 分割した出力層に出力した。学習は、MNIST の手書き数字データセットに対して行い、各ニューロンにおける屈折率を決定した。有限要素法の計算には COMSOL Multiphysics 5.6 を用いた。比較として、角スペクトル法を用いた光伝搬の計算を行った。

手書き数字"0"を入力した場合の第 1 層目と第 2 層目の間の電場強度の 2 乗の分布について、有限要素法および角スペクトル法を用いて計算を行った結果を Fig. 2 に示す。いずれの場合にも、各ニューロンを通過した光は、回折によって広がりながら第 2 層まで伝搬していく様子がわかる。二つの計算結果は概ね同様の電場分布を示しているが、細かなところで違いが見られる結果となった。この違いは、角スペクトル法による計算では隠れ層の厚みを考慮していないことが原因であると考えられる。

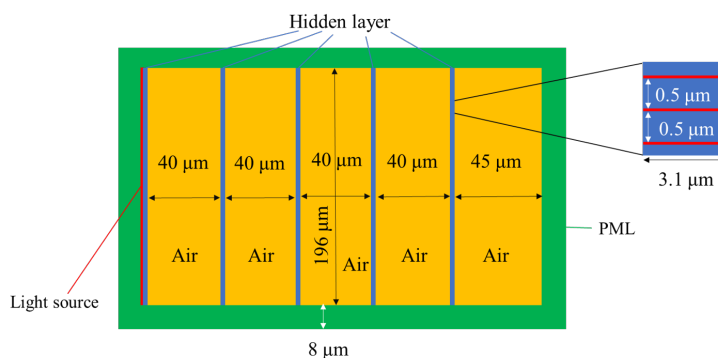


Fig.1 Schematic diagram of the D²NN.

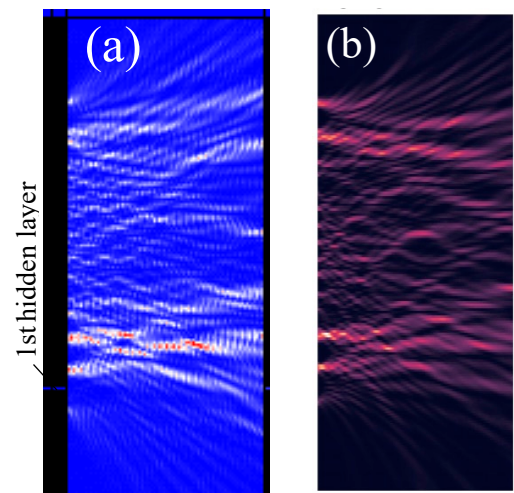


Fig.2 Distributions of the square of the electric field calculated by (a) finite element method and (b) angle spectral method.