

# 磁気光学効果を利用した光回折型ディープニューラルネットワーク

光・磁性材料工学研究室 19322688 藤田 拓実

近年、Deep Neural Network (DNN)の急激な発展に伴い、パターン認識や天気予報、自然言語処理、自動運転等の様々な分野で応用されている。自動運転技術には、リアルタイム性が求められており、処理速度を向上させる研究も盛んである。これらのモデルは精度の向上が報告されている一方、学習に必要な消費電力や CO<sub>2</sub> 排出量が上昇し、環境問題が懸念されている。これらの問題を解決するために、高速かつ低消費電力で動作する物理実装された DNN が求められている。本研究では、可視光で動作し、現行のイメージングデバイスと親和性が高い、磁気光学効果を利用した Magneto-optical Diffractive Deep Neural Network (MO-D<sup>2</sup>NN) を提案する。

MO-D<sup>2</sup>NN は、Fig.1 に示すように、ニューロンを磁区として表現した複数の隠れ層からなるモデルである。光として入力される信号は、最適化された磁区パターンを持つ隠れ層のファラデー効果による位相変調を受け、順次次の層へ伝搬し、光強度もしくはファラデー回転角として検出される。このようなモデルを計算するために、磁気光学効果による光の変調と光の偏光状態を維持したまま伝搬できる数値モデルを構築し、プログラムによる実装を行った。そして、このモデルを用いて、波長633 nmの直線偏光の光を入射光とし、1  $\mu\text{m}$ の磁区を 100 $\times$ 100 並べた隠れ層を 5 層とし、Python 3.7.13、TensorFlow 2.8.0 を用いて計算を行った。評価は、MNIST の手書き数字データセットに対する分類について行った。

隠れ層に用いる磁性体のファラデー回転角 $\theta_F$ を変化させたときの出力信号を光強度または偏光面の回転角として学習させたときのテスト画像に対する分類精度を学習回数に対してプロットしたグラフを Fig. 2 に示す。出力信号が光強度の場合には、 $\theta_F$ が少なくとも $\pi/10$  rad 以上でなければ分類出来ないことが分かる。これに対して、出力信号として回転角を検出する場合には、 $\theta_F$ が $\pi/1000$  rad で 55%以上、 $\pi/100$  rad では 80%以上となり、小さな $\theta_F$ でも高い正解率が得られる結果となった。この結果は、一般的な磁気光学材料と光磁気記録などの磁区形成技術を組み合わせることで MO-D<sup>2</sup>NN が実現可能であることを示している。

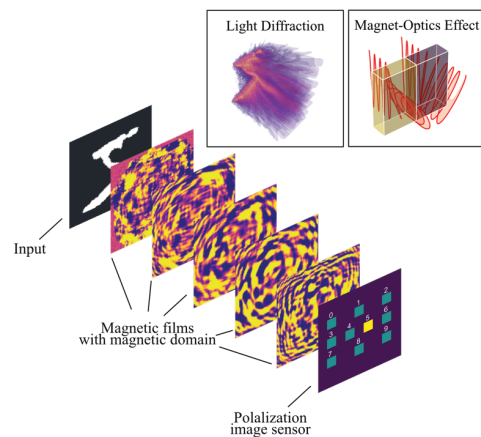


Fig. 1 A schematic drawing of MO-D<sup>2</sup>NN.

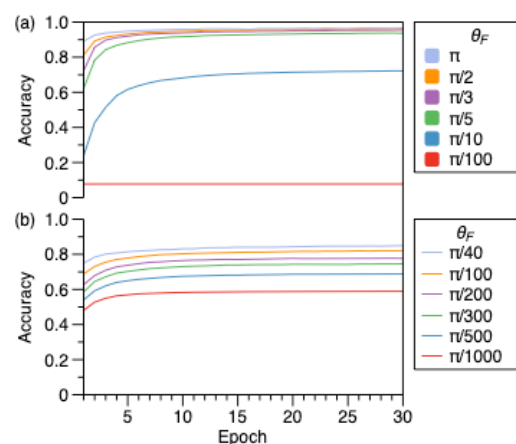


Fig. 2 Classification accuracy of test images measured by (a)light intensity and (b)Faraday rotation.