

書き込みエラーを許容した 重みなしニューラルネットワークによる画像認識

Image recognition by a weightless neural network consisting of memories with high write error rate

産総研 ○荒井 礼子, 今村 裕志

AIST, ○Hiroko Arai, Hiroshi Imamura

E-mail: arai-h@aist.go.jp

重みなしニューラルネットワーク (weightless neural network, WNN) はメモリベースの画像認識システムである[1]。ニューロン間の「重み」を調整することで認識を行う深層学習などのニューラルネットワークと異なり、WNN では画像のピクセル情報をランダムに並べ替え、その断片を記憶することで画像認識を行う。1960年代に提案された手法であるが、現在の機械学習法と比べても遜色のない性能が報告されている[2]。

磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) は高速で低消費電力な不揮発性メモリである。揮発性メモリの代わりに MRAM を用いることで WNN の消費電力を低減することが可能である。くわえて書き込みエラー率 (WER) を制御することで、さらに消費電力を下げることが可能となる。印加電流によって磁化ダイナミクスを制御するスピントルク MRAM (ST-MRAM) では

通常、WER を低減させるために大きな電流密度を要する。WER への要請を緩和すれば、書き込みにおける消費電力を削減することができる。しかしながら、エラー率が高くなることで画像認識の性能を保てるかは明らかではない。

そこで本研究では、書き込みエラーを許容した WNN の数値シミュレーションを行い、書き込みエラーが画像認識性能に与える効果を調べた。認識性能は手書き数字画像 [3] の 10 クラス分類における認識率で評価した。その結果、書き込みエラーがあっても画像認識が可能であり (Fig.1a)、 10^{-3} 以下の WER ではエラーがない場合と同じ認識率が得られることがわかった (Fig1.b)。さらに、ST-MRAM における WER と消費電力のトレードオフの関係を利用することで、最大認識率に達するまでの消費電力を低減できることがわかった (Fig.1c)。

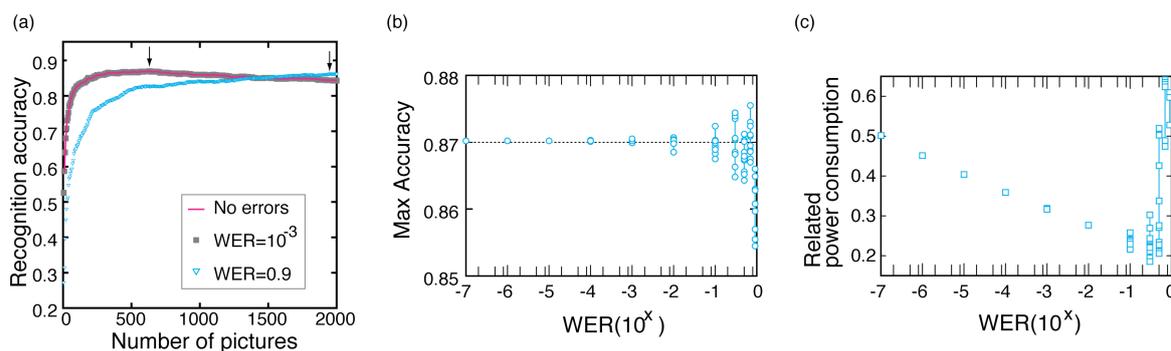


Fig.1 (a) Learning history of weightless-NN. Arrows indicate the maximum accuracy. (b) Maximum accuracy for 10 trials with different WER. Dotted line shows the result for the case without write error. (c) Related power consumption until reaching the maximum accuracy, where the power consumption for $WER=10^{-15}$ is normalized to 1.0.

[1] W. Thomas, et al., Sensor Review 4, 120 (1984).

[2] H. C. Carneiro, et al., Neuralcomputing, 183 70 (2016)

[3] Y. Lecun, C. Cortes, and C. J. C. Burges, <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>.