

文字認識向けニューロモルフィック集積回路

坂東 昭太郎 鶴見 洸太 鈴木 健太 竹内 健

中央大学理工学部電気電子情報通信工学科

1. はじめに

ムーアの法則の終焉に伴い、非ノイマン型コンピュータであり脳の演算素子であるニューロンを模倣したニューロモルフィック集積回路が注目されている。ニューロモルフィック集積回路ではアナログ回路を用いてニューラルネットワークで生じる大量の並列演算を行う必要があるため、高速かつ低電力な演算器が必要となる。演算として主に積演算、和演算、判別演算が存在する。本論文では、ニューロモルフィック集積回路システムの提案を行う。

2. ニューロンの動作原理とニューラルネットワーク

図 1 に示すようにニューロンは軸索を通して前段のニューロンから入力を受け取り、その入力とシナプス内の重みによる積演算が樹状突起によって加算される(細胞内電位が上昇する)[1]。加算結果は軸索小丘により閾値と比較され、閾値を越えた時にスパイクと呼ばれる信号が次段のニューロンへと入力される。これはニューロンの発火と呼ばれる。次に一般的なニューラルネットワークを図 2 に示す。ニューラルネットワークはニューロンが相互接続され階層化された構造となっておりニューロン同士の結合係数である重みと入力の積演算の結果を合計した値がニューロンに格納される。この演算の繰り返しにより出力を得ることができる。

3. 機械学習に向けた回路システム

ニューロモルフィックコンピューティングに向け、高速に並列演算を行うことができる演算器の研究が盛んになっている。現在、高速な並列演算を行うことができ、データ保持特性のあるクロスバー型 ReRAM が注目されている[1]。クロスバー型 ReRAM は酸化薄膜を金属で挟んだ構造をしており、電圧をかけたときの抵抗値を制御することができる。クロスバー型 ReRAM では抵抗値制御によりニューロン間の重みを表現することができ、クロスバーへのスパイク入力により累計値を算出することができる。しかし、クロスバー型 ReRAM の演算では、書き込み電圧が 2 種類必要なことや、和演算時に電流の合計を行うことから、消費電力が大きくなる。本研究では低電力で高速演算可能なニューロモルフィックコンピューティングに向けた回路システムの提案を行う。

4. 文字認識に向けた回路システム

本研究では、シナプス、樹状突起、軸索、軸索小丘を集積回路によって表現し、文字認識に向けたニューロモルフィック回路を構成した。図 3 に構成図を示す。シナプスでの積演算結果を樹状突起によって合計し、その値を軸索小丘により発火を判定する。提案回路を用いたニューラルネットワークによる文字認識によって 93.3% 程度の認識率を得ることが可能である。

5. まとめ

本研究では集積回路を用いて脳の演算素子の再現を行った。提案回路を用いた 3 文字の文字認識を行った結果、認識率 93.3% を得ることが可能である。

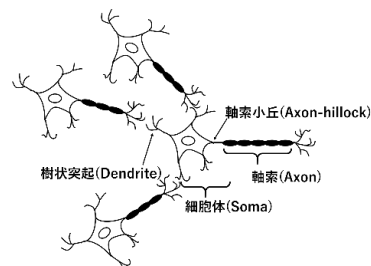


図 1 ニューロンの構造[1]

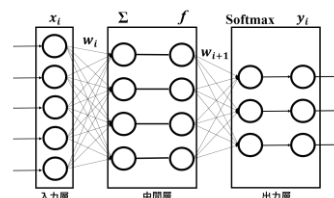


図 2 ニューラルネットワーク

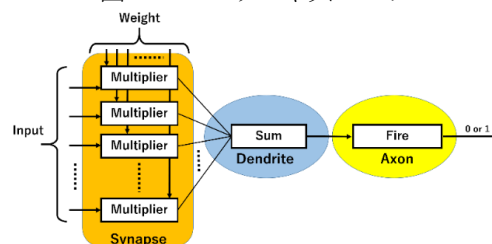


図 3 ニューロモルフィック集積回路の概要図

参考文献

- [1] Warren S “Neurocomputing: Foundations of Research,” chapter A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity, pp. 15–27, 1988.
- [2] M. Prezioso, , “Modeling and Implementation of Firing-Rate Neuromorphic-Network Classifiers with Bilayer Pt/Al₂O₃/TiO₂-x/Pt Memristors,” *IEDM*, pp.455–458, Dec. 2015.