学習機能回路を実装した単電子ニューラルネットワーク

Design of single-electron neural network with learning function circuit

○上野 正暉、大矢 剛嗣（横国大理工）
○Masaki Ueno, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)
Email: ueno-masaki-pv@ynu.jp

1. 研究背景・目的

近年のナノテクノロジーの発展で数々のナノデバイスが登場している。その中に電子 1 個単位で制御が可能な単電子回路がある。特徴として、低消費電力、並列計算、高集積性が挙げられる。しかし、単電子回路はノイズの影響を受けやすいことや素子のパラメータにばらつきが生じてしまうといった欠点がある。

そこで本研究ではニューラルネットワークの一種であるリザーバコンピューティングに着目する。リザーバコンピューティングは特性上、単電子回路のもつ欠点を解決できる可能性がある。

しかし、単電子回路を用いたニューラルネットワークでは回路化の後の学習（ネットワーク配線の切り替え等）が難しいという欠点がある。今回はその欠点を解決することを目的とする。

2. 研究内容

本研究では、学習機能回路を実装したニューラルネットワーク回路を提案する。また、動作の一例として、その回路を用いて文字認識を行う。

この回路では出力結果を伝わる信号の強さ（振幅）ではなく、信号の数（頻度）によって情報処理を行う[1]。

順伝搬型ニューラルネットワークを模して回路を作成し、ニューロンが他のニューロンに信号を伝えていくことにより、信号の数を増やしていく。ニューロンについては単電子振動子を用いて設計を行った。単電子振動子とは抵抗とトンネル接合を直列接続した回路であり、ニューロンの挙動に似た動作をすることが知られている。また、バイアス電圧が正負交互になるように接続させた時、電圧の変化が順に伝搬していく。この挙動をニューロン間の信号伝搬挙動に対応させる。

学習はニューロン間のシナプスの有無を決定することによって行う。シナプスの有無はスイッチ回路を用いて設計した。スイッチ回路は単電子振動子と単電子メモリを組み合わせた回路である(Fig. 1)。単電子メモリはコンデンサと二重のトンネル接合を直列に接続した回路である。Fig. 1 に示したV_{in2}の状態により信号を通すか通さないかが決定される。

今回は、学習機能回路を実装した単電子ニューラルネットワークを設計し、動作確認を行った。詳細は講演にて述べる。

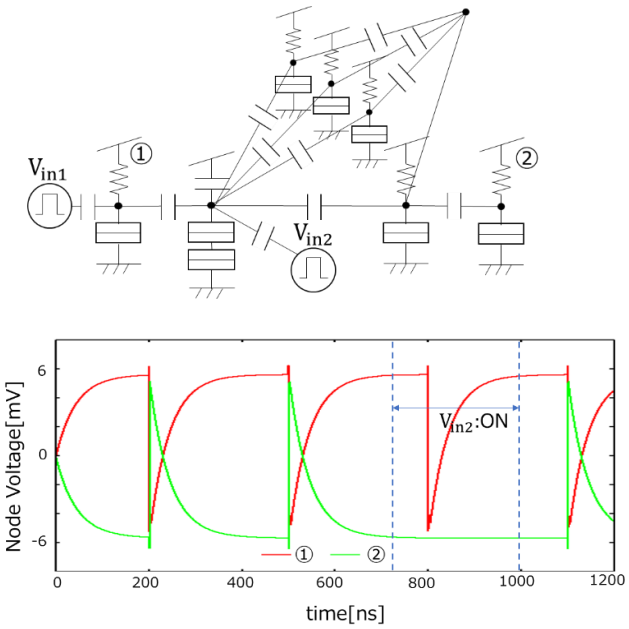

Fig. 1 Switch circuit

【参考文献】
[1] T. Oya. et al., Journal of Unconventional Computing, vol.1, pp. 177-194, 2005.

【謝辞】
本研究の一部は JSPS 科研費・挑戦的萌芽研究(JP16K14242)及び基盤研究(A)(JP18H03766)の助成を受け実施された。

© 2019年 応用物理学会