

PTCDI-Ag₂S 分子膜ギャップ型原子スイッチを用いた深層学習実験

Deep learning using PTCDI-Ag₂S based molecular-gap atomic switches

早大先進理工 [○](M) 松尾 理沙, 長谷川剛

Waseda Univ., [○]Risa Matsuo, Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: seafellows@fuji.waseda.jp

はじめに：我々は、深層学習のシナプス素子への応用を目指して、イオン拡散層に Ta₂O₅-Cu 混合膜や Ta₂O₅-Ag 混合膜、Ag₂S 膜を用いた分子膜ギャップ型原子スイッチを作製し、それらのアナログ抵抗変化特性を検証してきた[1]。その結果、Ag₂S 膜を用いた素子が最も繰り返し耐性に優れ、抵抗変化の線形性も高く、中間値も多く観測された。そこで本研究では、Ag₂S 膜を用いた素子でネットワークを構成し深層学習実験を行った。

実験：多層膜からなるクロスバー型の素子、Pt/PTCDI(分子膜)/Ag₂S/Pt/Ti を SiO₂ 基板上に作製した。Ag₂S 膜の作成は、Ag 薄膜を気相硫化することで行った。本実験では、シナプス素子動作以外の部分をソフトウェアで実行するハイブリッド型深層学習システムを用いた。例えば誤差逆伝播では、ソフトウェアで算出した結合荷重変化量 (ΔW) に比例した数 ($\text{INT}(\Delta W/C)$, C は比例定数) の電圧パルス素子に印加するようにした。

結果と考察：3×3×2 のネットワーク (素子数 20) と 8 つの学習データを用いて行った実験結果を Fig.1 に示す。学習を繰り返すことで正答率が徐々に向上した(Fig.1a)。この実験では、10⁹Ω から 10¹¹Ω の素子抵抗が 1 から -1 の結合荷重となるように対数変換して、ソフトウェアによる計算を実行した。各素子の抵抗変化(Fig.1b)を見ると、一部の素子の抵抗値が変動するだけで深層学習動作が進んだことが分かる。これは、ソフトウェアで算出した結合荷重変化量 (ΔW) が一定値以下の場合にはパルス電圧印加をしないようになっていたことも一因である。Fig.1 に 1 回目の学習動作における重み変化とパルス電圧印加の有無を示す。6 つの素子に対してのみ、パルス電圧が印加されている。現在、ネットワークサイズの大型化と併せてパラメーターの最適化を行っており、今回用いた結合荷重変化手法の有効性や課題についても報告する予定である。

[1] 松尾ほか, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会, 22p-E102-2.

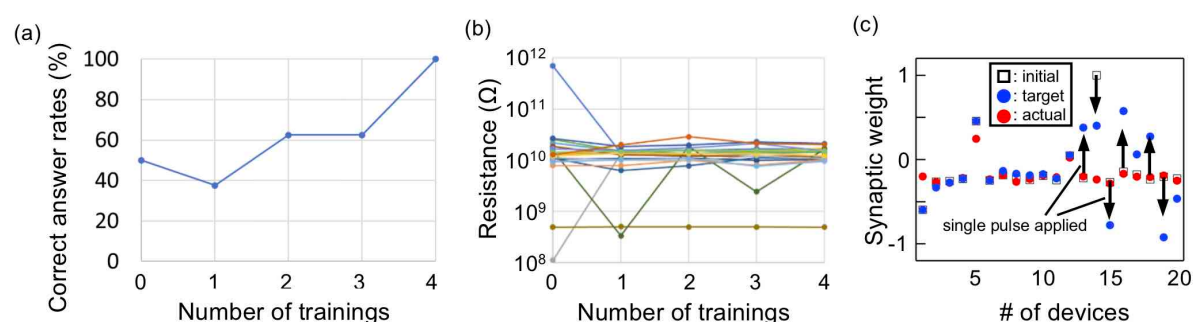


Fig. 1 Result of deep learning experiment using a 3x3x2 network. (a) Change in the correct answer rates, (b) change in resistance of 20 switches, and (c) changes of the synaptic weights in the first learning.