原子スイッチアレイを用いた物理リザバーコンピューティング

Physical Reservoir Computing on Atomic Switch Arrays with High Precision and Excellent Memory Characteristics

北海道大学[1]，早稲田大学[2] ○(M1)久保田 宙[1]，長谷川 剛[2]，赤井 恵[1]，浅井 哲也[1]

Hokkaido Univ.[1], Waseda Univ.[2], ○Hiroshi Kubota[1], Tsuyoshi Hasegawa[2], Megumi Akai-Kasaya[1], Tetsuya Asai[1]

E-mail: kubota.hiroshi.ik@ist.hokudai.ac.jp

時系列情報の処理に適したニューラルネットワークとしてリザバーコンピューティング(RC)が注目されている。RC の計算部は物理実装可能であり、様々な構造の研究が行われている。しかし、既存の物理実装では、評価指標である電力スケール、読み出し容易性、空間、時間スケーラビリティ、量産性、演算性能のすべてを満たすことは難しい。本研究では、原子スイッチが上記を満たす可能性が高いと考え、原子スイッチ利用した RC モデルを考案した。このモデルを Python でシミュレーションし、線形記憶容量 (MC) と精度の評価を行った。

我々の考案するモデルは Delayed Feedback Reservoir (DFR) におけるデータのシフト動作をデータ読み書きヘッダの移動で置き換え、すべての仮想ノードにおいて忘却と非線形演算を行うよう工夫したものである。既存の DFR (図 1 (a)) は遅延素子と計算部で構成されており、データ入出力時に非線形効果・忘却効果の含まれた演算を行うが、我々のモデル (図 1 (b)) は原子スイッチをループ状に仮想ノードとして VN 個配置し、入出力部が素子の上を電気的にスキャンするような構造をもつ。

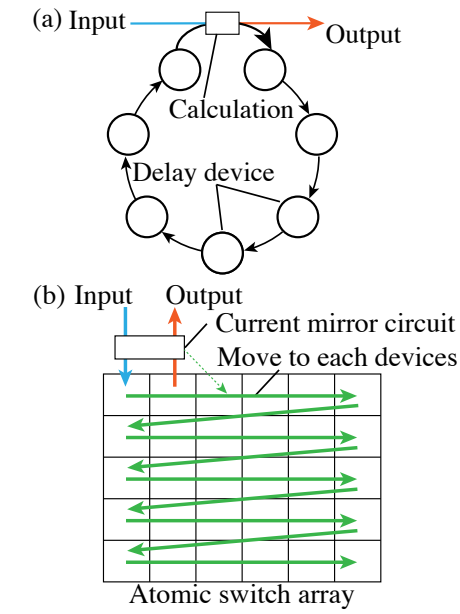

図 1 (a) Previous DFR, (b) Proposed model

我々が過去に提案した原子スイッチモデル[1]を利用し、Python でシミュレーションを行った。忘却に関わるループの周期 SP (VN/ヘッダの移動速度 (v_s)) がレザバーの性能を決める重要なパラメータとなる。図 2 (a) は、様々な VN で MC と SP の関係を表したグラフである。SP が小さい時、原子スイッチの非線形性が弱くなり、MC が大きくなる。図 1 (a) に示す DFR を 401 素子数でシミュレーションした時の MC と比較して、大きな MC が得られた。図 2 (b) は、同様の条件で NARMA10 タスクにおける NRMSE との関係を表したグラフである。SP が大きい時、入力の積分時間が長くなるため非線形性が強くなり、NRMSE が小さくなる。SP > 0.2 において既存の DFR (401 素子数) より高い精度が得られた。

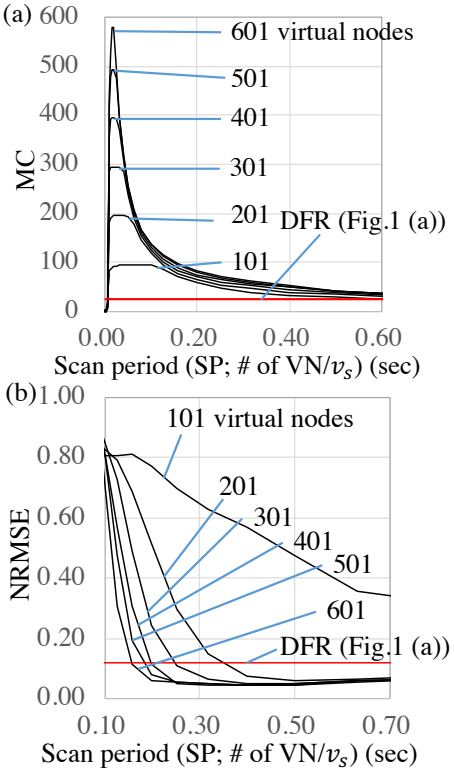

図 2 (a) MC vs SP, (b) NRMSE vs SP, (the number of nodes is the number of VNs minus 6).

謝辞：この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。

参考文献：[1] 久保田 宙, 他 「分子膜ギャップ型原子スイッチの SPICE モデル」：2020 年第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 2020 年 3 月 14 日

© 2021年 応用物理学会