

# 原子スイッチを用いたリザーバーコンピューティングのノイズ評価

## Reservoir Computing on Atomic Switches with Noise

北海道大学<sup>1</sup>, 早稲田大学<sup>2</sup> ◯(M2)久保田 宙<sup>1</sup>, 長谷川 剛<sup>2</sup>, 赤井 恵<sup>1</sup>, 浅井 哲也<sup>1</sup>

Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, Waseda Univ.<sup>2</sup>, ◯Hiroshi Kubota<sup>1</sup>, Tsuyoshi Hasegawa<sup>2</sup>, Megumi Akai-Kasaya<sup>1</sup>, Tetsuya Asai<sup>1</sup>

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ー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。我々は、既存の物理RCの評価指標である電力スケール、読み出し容易性、空間、時間スケラビリティ、量産性、演算性能などを総合的に満たす「原子スイッチ RC」を構築し、その高い時系列予測精度 (NMRSE ~ 0.05@NARMA10) と線形記憶容量 (MC ~ 394) を示してきた[1,2]。

本報告は、我々が考案した原子スイッチ RC モデルに、実際の原子スイッチで発生する時間的なゆらぎ (ノイズ) を導入し評価したものである。我々の RC モデル (図 1) は、原子スイッチの短期記憶能力を有効利用し、入出力用カレントミラー回路が (電氣的に) 移動することで RC に必要なダイナミクスを作り出す。この際、原子スイッチは OFF 状態 (高抵抗状態) のまま利用する。図 2 に OFF 状態の原子スイッチの I-V カーブ (複数回計測した結果) を示す。この原子スイッチの電流ゆらぎ量を我々の原子スイッチモデルに組み込み、そのモデルを用いて RC のシミュレーションを行ったところ、予測精度と線形記憶容量が大幅に低下した。そこで電流ゆらぎを平均化することを目的として、原子スイッチの読み書きを複数回行う手法を考案した。

図 3 に電流ノイズがないとき、およびノイズあるとき (原子スイッチの読み書き回数は 100 回) のシミュレーション結果を示す。横軸は、リザーバーループのスキャン周期 (SP: VN/ヘッダの移動速度 ( $v_s$ )), 縦軸は線形記憶容量 (MC) である。ノイズがあるときの最大 MC は 357 でノイズなしの場合 (394) と比べ遜色のない値が得られた。図 4 は読み書き回数と最大 MC の関係である。読み書き回数を増加させると、得られる MC も大きくなることがわかった。

**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 (JPNP16007) の結果得られたものです。

**参考文献:** [1] 久保田 宙, 他 「原子スイッチアレイを用いた物理リザーバーコンピューティング」:

2021 年第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 2020 年 3 月 19 日

[2] Kubota H., Hasegawa T., Akai-Kasaya M., and Asai T., "Reservoir computing on atomic switch arrays with high precision and excellent memory characteristics," *Journal of Signal Processing*, vol. 25, (2021), in press.

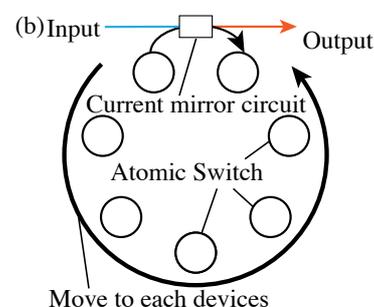


図 1 Proposed reservoir model

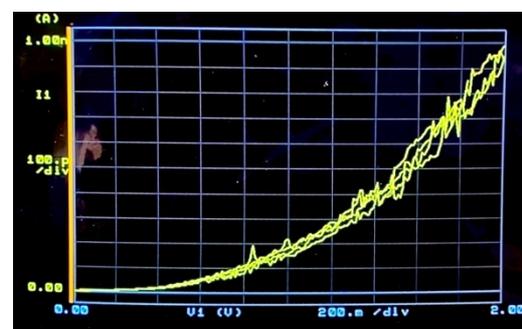


図 2 V-I curve of atomic switch

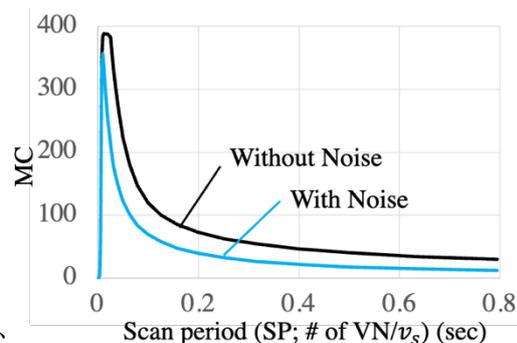


図 3 SP vs MC

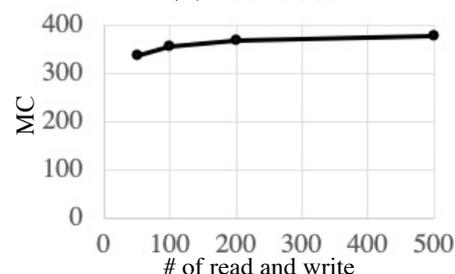


図 4 # of read and write ops. vs MC