

傾斜ポルフィリンサンドイッチポリ酸/SWNT ランダムネットワーク 複合体を用いた物理リザーバーの非線形性およびメモリ機能

Nonlinearity and Memory Function of In-materio Reservoir Computing using Polyoxometalate /Single-Walled Carbon Nanotube Complex Random Network

九工大院生命体¹、九工大 Neumorph センター²

°(M2)村添 脩保¹、零岡 匠¹、宇佐美 雄生^{1,2,*}、田中 啓文^{1,2,*}

Kyushu Inst. Tech.¹, Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center²

°Shuho Murazoe¹, Takumi Kotooka¹, Yuki Usami^{1,2}, Hirofumi Tanaka^{1,2}

*E-mail: tanaka@brain.kyutech.ac.jp

リカレントニューラルネットワークの一種であるリザーバーネットワーク (RC) は、多出力信号の線形結合のみの学習で演算が可能のため、他のニューラルネットワークに比べ低消費電力が期待される。中間層のリザーバー部分に物理現象を用いる物理リザーバーには高次元の非線形ダイナミクスを利用する事も可能である^[1]。我々はこれまで可逆な多電子酸化還元反応を示すポリ酸(POM)を用いたところ、このネットワークデバイスが各々のジャンクションで豊富な非線形ダイナミクスを持つことが判明した^[2]。本研究では傾斜ポルフィリンサンドイッチ POM/単層カーボンナノチューブ(SWNT)ネットワーク多電極デバイスを作製し、RC としての性能を評価することを目的とする。

傾斜ポルフィリンサンドイッチ POM(SV₂W₁₀O₄₀/H₄t-BuTPP)(0.2 mg)と SWNT(0.1 mg)を 1,2-ジクロロエタン(DCE)溶媒 10 mL に混合し、超音波処理(6 h)と遠心分離処理(15 min)を行った。沈殿物に DCE を再度 10 mL 加えて再度超音波処理(1 h)を行い、得られた懸濁液をセルロースろ紙でろ過することでランダムネットワーク構造を得た。その後、電子線リソグラフィ法を用いて作製した電極 (Al) を有するシリコン基板上にろ紙を密着させ、アセトン蒸気で溶解除去することで、ランダムネットワークデバイスを作製した。得られたデバイスの電気測定および RC に必要とされる非線形性とメモリ機能の評価のために関数近似タスクを行った。

I-V 曲線は非線形性を示した。ヒステリシスが存在することから非線形ダイナミクスを有することが確認された。また、デバイスからの時系列出力信号の V-t 測定の結果を FFT 解析すると高次元性を呈することが確認された。本研究では関数 $y(t) = \sin(vx(t - \tau))$ ^[3]を用いて関数近似タスクを行い、デバイスの非線形性とメモリ機能についてそれぞれ確認した。ここで v は非線形の強さ、 τ はメモリ機能の容量の度合いをそれぞれ表す。これらのパラメータの組み合わせで非線形問題、記憶問題を設定でき、それらの問題を学習させることでデバイスの性能評価を行った。Fig.1(a), (b)にそれぞれ非線形性とメモリ機能に起因する関数を教師信号として学習を行った結果を示す。正規化平均二乗誤差(NMSE)の値よりデバイスは非線形性を持つが、学習結果の NMSE の値が 0.8 を超え教師信号を追従しないことから、メモリ機能は良くないことが分かった。詳細は当日講演する。

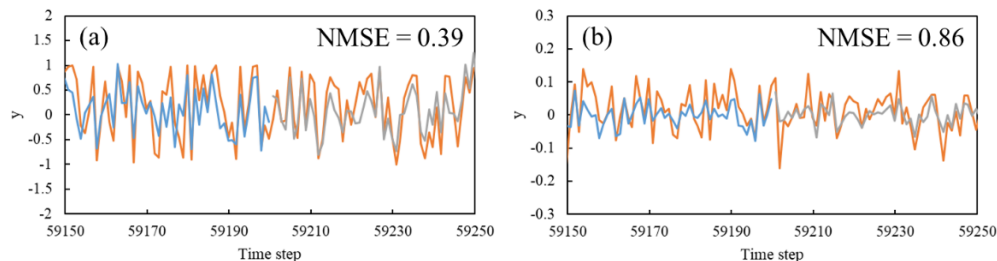


Fig.1 (a)Result of nonlinearity task ($(v, \tau) = (1.5, 0)$), (b) Result of memory task ($(v, \tau) = (0.1, 3)$)

参考文献

- [1] G. Tanaka et al., *Neural Netw.*, **115**, 100-123 (2019). [2] H. Tanaka et al., *Nat. commun.* **9**, 2693 (2018). [3] I. Masanobu et al., *Sci. Rep.* **7**, 10199 (2017).