

自己ドーブ型ポリアニリンを用いた電気化学的物理リザーバーの演算機能創製

Electrochemical physical reservoir composed of self-doped polyaniline

宇佐美 雄生^{1,2,3}、Wilfred van der Wiel⁴、松本 卓也³、田中 啓文^{1,2} (1.九工大生命体工、2.九工大
Neumorph センター、3.阪大院理、4.トゥウェンテ大ナノテク研)

Yuki Usami^{1,2,3}, Wilfred van der Wiel⁴, Takuya Matsumoto³, Hirofumi Tanaka^{1,2} (1. Kyushu Inst. Tech. LSSE,
2. Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center, 3. Osaka Univ., 4. MESA+, Univ. of Twente)

E-mail: usami@brain.kyutech.ac.jp

[序] 近年脳機能の動作原理をナノ材料ネットワークの電荷移動を用いて模倣し、効率的な演算処理を行うシステムが注目されている。我々はナノ材料ネットワークの特長であるランダム性、自己組織性を演算機能として抽出し、主にソフトウェアで運用されているリザーバーコンピューティング(RC)演算部分を物理現象で置換した情報処理ハードウェアシステムの開発を目指している。[1] RC デバイスには、デバイスの出入力信号が非線形応答を示すことが必要である。本研究では、導電性高分子の一種である自己ドーブ型ポリアニリン(self-doped polyaniline, SPAN, 図 1)が湿潤環境下で電子伝導とイオン伝導の混在伝導性を示すことに注目し、その湿潤環境下におけるイオン伝導の発現メカニズムおよび RC デバイスとしての適用可否を検討することを目的とする。

[実験] リソグラフィ法を用いて 3 μm ギャップの 16 電極を作製し、SPAN 水溶液(5.0×10^{-4} wt%) を電極上に滴下することでデバイス作製を行った。マニュアルプローバーを用いて電気計測を 50%から高湿度(85%)環境まで行い、電気特性の湿度依存性を検討した。デモンストレーションとして波形学習及び音声分類を行い RC デバイスとしての性能評価を行った。

[結果と考察] 湿度の上昇に伴い電気特性が劇的に変化し、強い非線形性かつ負性微分抵抗ピークを持つような I - V 特性が得られた。さらにインピーダンス計測から、電子に比べて[2]遅い電荷移動が存在することが明らかになった。この結果から、SPAN が湿潤環境下でイオン伝導性を有し、湿度変化に敏感に応答することがわかった。図 2 に矩形波を目標波形としたときの波形学習を行った結果を示す。90%程度の予測精度を持つことから、複雑な波形の生成に十分な非線形性、高次元性を有することが示された。図 3 に、6 人の話

者による 0 から 9 まで 10 種の数字の発声を音声分類した際の正答率を示す。この結果、全ての話者でデバイスを通した出力信号の精度が大きく上昇した。この精度の上昇は、本 RC デバイスを用いることで時系列データを分類できることを示す。以上の結果、SPAN 薄膜中における電子/イオン伝導の電荷移動ダイナミクスを RC 演算に活用できることが期待される。Refs: [1] G. Tanaka et al., *Neural Netw.* **115**, 100 (2019). [2] K. Kajimoto et al., *J. Phys. Chem. A* **124**, 5063 (2020).

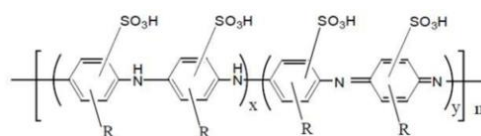


Figure 1. Structural formula of self-doped polyaniline.

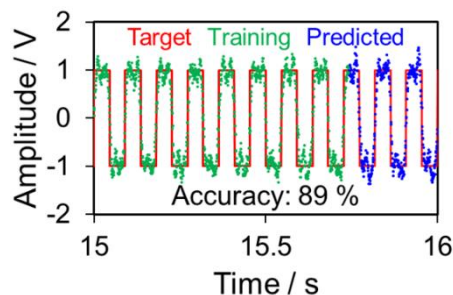


Figure 2. Prediction of the square wave through SPAN electrochemical system.

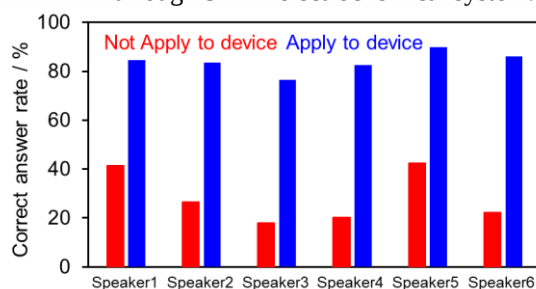


Figure 3. Comparison of correct answer rate of spoken digit recognition by applying or not applying to SPAN electrochemical device.