

Ag₂Se ナノワイヤネットワークリザーバードバイスをを用いた音声分類

Voice classification of Ag₂Se nanowire network as a reservoir device

九工大院生命体¹, UCLA², 九工大 Neumorph センター³, [○](D2)琴岡匠¹, S. Lilak², A. Z. Stieg²,

J. K. Gimzewski^{2,3}, 田中悠一朗^{1,3}, 田向権^{1,3}, 宇佐美雄生^{1,3}, 田中啓文^{1,3*}

Kyushu Inst. Tech¹, University of California, Los Angeles², Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center³,

[○]Takumi Kotooka¹, Sam Lilak², Adam Z. Stieg², James K. Gimzewski^{2,3}, Yuichiro Tanaka^{1,3},
Hakaru Tamukoh^{1,3}, Yuki Usami^{1,3}, Hirofumi Tanaka^{1,3*}

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

【緒言】 近年、様々な物理現象を利用してリザーバーコンピューティング(RC)ハードウェアを開発する研究がなされている^[1]。その中に、材料科学的アプローチによる Ag₂S ナノワイヤ(NW)を用いたリザーバー応用が報告されている^[2]。しかし、Ag₂S の熱脆性より、デバイス機能が低下することが報告され^[3]、熱耐性に優れた代替材料としてセレン化銀(Ag₂Se)が有力候補として挙げられている^[4]。本研究では、Ag₂SeNW ランダムネットワークデバイスを作製し、電気的測定を通じて RC デバイスとしての有用性を証明する。また、低消費電力でメモリ消費量が少ない点から、脳型ハードウェアに適用が可能と言われているモデルである Binarized Convolutional Neural Network(BCNN)^[5]を用いて音声分類を行い、本 RC デバイスが時系列データ処理を行えることを明らかにする。

【実験方法】 亜セレン酸ナトリウム (0.25 g) とグルコース (1.5 g) を 90 °C に保持した脱イオン水 100 mL に溶解させた。約 20 分後、反応を抑制させるために水槽で溶液を急冷した。底部に赤褐色の沈殿が生じ、これを脱イオン水で洗浄した。洗浄後の沈殿物を IPA 溶液に分散させ、暗室に約 1 週間保管し、SeNW を作製した。その後、50 mM の AgNO₃ 溶液に IPA から取り出した NW を約 3 時間浸漬した。Al 電極を作製した SiO₂ 基板に Ag₂SeNW 懸濁液をキャストしてデバイスを作製した。音声分類では Free Spoken digit data(FSDD)^[6]というデータセットを用いて話者の分類を行った。音声データの振幅を電圧に変換し、1 データにつき約 2 秒の時間インターバルで作製したデバイスに入力した。得られた出力を BCNN に入力して音声分類を行い、分類性能を確認した。

【結果と考察】 *I-V* 曲線にヒステリシスが表れており、非線形特性を有していることを確認した。電圧の時間変化(*V-t*)測定を行い FFT 解析したところ、高調波特性が確認できたため信号応答特性が RC に必要な高次元性を有することを確認した。作製したデバイスと BCNN を用いた音声分類に関して、デバイスの有無による結果を比較したところ、デバイス有りのほうが高い分類結果を示した(Fig.1)。これはデバイスの RC 特性、特に非線形・高次元特性により、入力信号が分類可能な信号へ変換され、分類が容易になった事が考えられる。以上のことから、Ag₂SeNW デバイスは物理リザーバードバイスとして有用であることが示された。

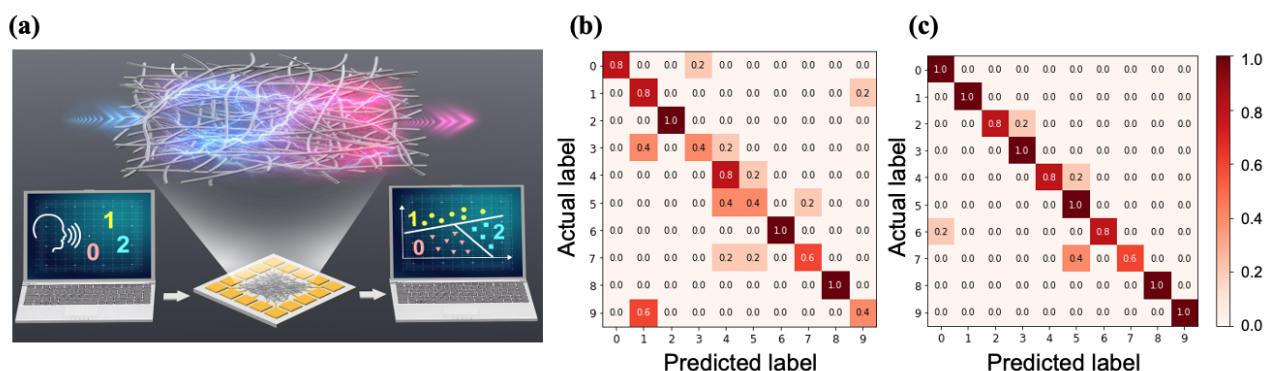


Fig.1 (a) Schematic of voice classification. (b) without and (c) with the Ag₂Se reservoir device of classifying 10 numbers.

Refs. [1] G. Tanaka et al., *Neural Netw.*, **115**, 100-123 (2019). [2] H. O. Sillin et al., *Nanotechnology*, **24**, 384004 (2013). [3] E. C. Demis et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 1102B2 (2016). [4] M. Ferhat, et al., *J. Appl. Phys.*, **88**, 813- 816 (2000). [5] I. Hubara et al., *In Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 4114 (2016). [6] Z. Jackson et al., “Jakobovski/free-spoken-digit-dataset: v1.0.10,” Aug. (2020).