Ag_2Se ナノワイヤネットワーク物理リザバーデバイスを用いた音声分類

Voice classification using Ag_2Se nanowire network physical reservoir device

九工大院生命体 [1], UCLA[2], 九工大 Neumorph センター[3] ○(D1)琴岡匠 [1], S. Lilak[2], A. Z. Stieg[2], J. K. Gimzewski[2, 3], 田中悠一郎 [1], 田向権 [1, 3], 宇佐美雄生 [1, 3], 田中啓文 [1, 3*]

Kyushu Inst. Tech.[1], University of California at Los Angeles[2], Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center [3], ○Takumi Kotooka[1], Samuel Lilak[2], Adam Z. Stieg [2], James K. Gimzewski[2,3], Yuichiro Tanaka[1], 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バーコンピューティング(RC)ハードウェアを開発する試みがなされている[1]。その中に、材料科学的アプローチによる硫化銀(Ag_2S)ナノワイヤ(NW)を用いたリザバー応用が報告されている[2]。しかし、Ag_2S の熱ゆらぎにより、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(Ag_2Se)が有力候補として挙げられている[4]。そこで本研究では、Ag_2SeNW ランダムネットワークを作製し、その RC 特性を解明し、音声分類タスクを行うことで物理リザバーデバイスとしての有用性を明らかにすることを目的とする。

[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℃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 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 $AgNO_3$ 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 SiO_2 基板に Ag_2SeNW 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)[5]というデータセットを用いて 6 人の話者の分類を行った。音声データを高速フーリエ変換（FFT）し各周波数のパワーを電圧に変換したうえで一定の時間インターバルで、作製した Ag_2Se デバイスに入力し出力を得た。分類器として用いたサポートベクターマシン[6]にデバイスからの出力を入れ、学習させることで話者の分類を行った。本実験では RC デバイスの有用性を示すためにデバイスの有無による分類精度を比較した。

[結果と考察] XRD 測定の結果より Se と Ag_2Se の回折ピークがそれぞれ確認され、Ag_2Se が合成されたことを確認した。また、SEM 画像からナノワイヤ形状であることを確認した。*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。音声認識タスクでは、デバイスの有無による結果を比較したところ、Ag_2SeNW デバイスを通した出力を用いたほうが高い分類精度を示した(Fig.1)。これは Ag_2SeNW デバイスの RC 特性、特に非線形・高次元特性により、入力された信号が非線形変換されることで特徴をより抽出しやすくなったためであると考えられる。以上のことから、Ag_2SeNW デバイスは物理リザバーデバイスとして有用であることが示された。

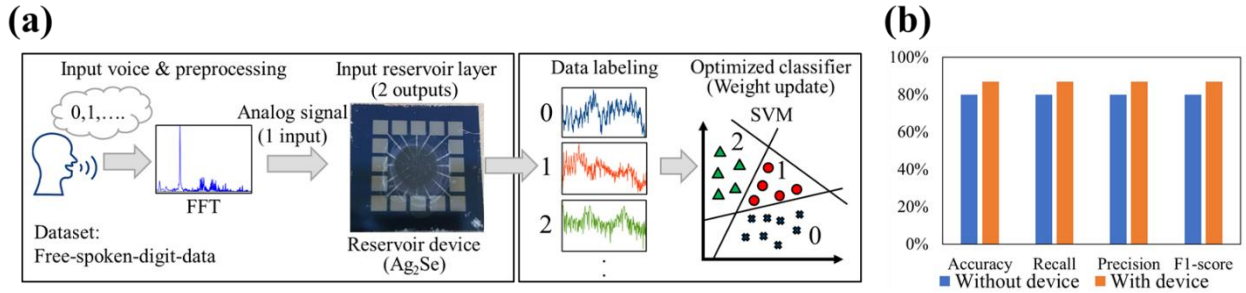

Fig.1 (a) Voice classification procedure. Six speakers were classified. Outputs from RC device were labeled. (b) Classification scores with and without the Ag_2Se reservoir device.

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] Z. Jackson et al., "Jakobovski/free-spoken-digit-dataset: v1.0.10," Aug. (2020). [6] V. Sellam et al., *J. Signal Inf. Process* **5**, 1 (2014).