

学習するマテリアル ～ニューラルネットワーク構築～

Learning Material -Building Neural Network-

阪大院工¹, JST さきがけ² °赤井 恵^{1,2},

Osaka Univ.¹, JST PRESTO², °Megumi Akai-Kasaya^{1,2},

E-mail: kasaya@prec.eng.osaka-u.ac.jp

空間を自由に配線出来る可塑性を持った有機ポリマー材料を用い、ニューラルネットワークアルゴリズムを基礎とした、柔軟い情報認識回路を創造することを提案する。導電性ポリマーは、単量体溶液の中の指向性の高い重合反応として、まるで神経細胞ニューロンのように溶液内の自由空間をワイヤー状に成長する。これらのポリマーワイヤーは、指定された電極端子間に指向性を持って成長し、その導電性を変化させ保持する「不揮発性の抵抗変化メモリ」であり、これをニューラルネットワークのシナプスとして利用する。本研究は空間を自由に配線し、安価で生体親和性の高い有機材料を用い、将来の”フィジカル AI” 実現へ向けた異なる視点からの新しいアプローチとコンセプトを提供する。

本研究で用いる PEDOT:PSS は、材料としての制御性や堅牢性も高く、機械学習によって成長させたニューラルネットワーク構造を保持し、安定に利用することが出来る。我々は Fig. 1 に示すように単量体溶液内の電極間に複数本の PEDOT:PSS ワイヤーを架橋させ、約 $1\text{G}\Omega$ から $100\text{k}\Omega$ 程度の学習に必須ななめらかで大きな変化幅の抵抗変化を実現した。さらに自作電気回路とマイコン制御による機械学習システムを構築し、 9×6 の双方向機械学習システムを構築し、54 対電極におけるポリマーオートエンコーダー回路を構築し、Fig. 2 に示すような 9 ビット 3 文字の 3 ビットへの特徴抽出に成功している。

また我々は新機能材料探索の結果、カーボンナノチューブ (CNT) と分子を用いた関連研究において、CNT/分子ランダムネットワークがリカレントニューラルネットワークの一つである”リザーバー計算”となる可能性があることを示唆した[1]。導電性ポリマー抵抗変化素子は数十から数百で十分機能するとされる”リザーバー計算の読み出し端子重み”の実現にも最適である。未来の世界には、汎用性はないがエッジユーザーによって簡単に安価に学習させられ、目的に先鋭化した小さな人工知能が登場するだろう。それらの基盤技術となるべく研究開発を続けていく。

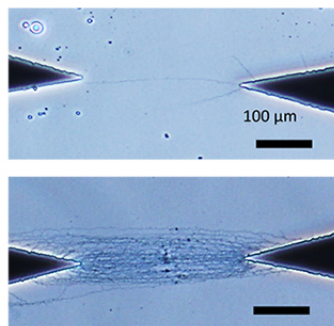


Fig.1 Multi polymer wiring between electrodes in EDOT solution

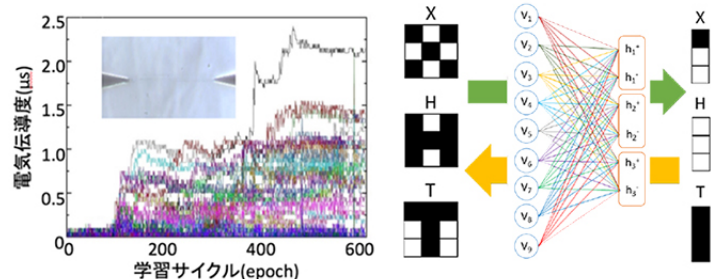


Fig.2 Conductance change of polymers during learning (Left) and results of feature extraction of polymer network after learning (Right).

[1] H. Tanaka, M. Akai-Kasaya and T. Asai et al., Nature Communication, (2018), 9, 2693.