

## フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクスのフロンティア 2

世話人代表 北海道大学 竹井 邦晴

本シンポジウムは、世話人である東京大学 松久先生、横田先生、大阪大学 福田先生、そして竹井によりフレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス (FSE) のさらなる発展に向け、材料、化学、電子、情報など多様な分野の融合が不可欠であるという認識のもと企画した。そしてその異分野を横断的に結びつけ、異分野融合研究を促進するきっかけを提供することを目的とした。午前の部では会場 61 名、オンライン 49 名、午後の部では会場 90 名、オンライン 36 名が参加し、盛況のうちに議論が行われた。

### 関谷先生のご講演

FSE の歴史から現状、実用化への課題が概説され、とりわけ伸縮性導電ゴムの材料選択による特性の違いが示された。さらに高伸縮性・耐久性・導電性を兼ね備えた Ag ナノワイヤ構造体が紹介され、応用として BMI (Brain Machine Interface) 技術への展開が議論された。特に、極低侵襲または非侵襲 BMI、さらには血管内から脳にアプローチする新しい非接触 BMI のコンセプトが提案され、最新成果が報告された。質疑では、高い SN 比を実現するデバイス開発や医工連携の重要性などについて議論され、異分野融合の方向性及び重要性が強調された。

### 野々口先生のご講演

カーボンナノチューブ (CNT) 熱電デバイスの基礎と応用について、熱電発電シートやドーピング技術が紹介された。特に n 型 CNT の安定化手法として超分子ドーピング技術やパリレン封止による長期安定性が報告され、ゼーベック係数や導電率の大幅な向上が示された。さらに赤外線センサ応用への展開も議論された。質疑では、ドーピングプロセスや保護膜の実装方法、他の電子デバイス応用への波及可能性が議論された。

### 中嶋先生のご講演

リザバーコンピューターの基礎からソフトロボットセンシングへの応用が紹介された。材料が持つダイナミクスを計算資源として利用する例として、ゴムのヒステリシスを用いた間接的なセンシングや水滴のダイナミクスによるマルチタスクデバイスが示された。さらにクローズドループ型物理リザバーの設計が紹介され、タコ腕やクラゲを模したデバイス事例が発表された。大規模言語モデル (LLM) の情報処理とリザバー計算の類似性についても言及され、脳科学的視点との接点が議論された。質疑では、不安定なセンサ出力をどのように計算に活かすか、機械学習の適用範囲について議論された。

### 竹谷先生のご講演

自己組織化有機半導体結晶極薄膜による高移動度トランジスタの開発が紹介され、大面積化や低コスト化への展望が議論された。性能・機能・安定性・コストの観点から社会実装へ

の課題が整理され、分子設計の戦略などが提案された。応用例としてロボットアームの多点歪みセンサ、ウェアラブル脈拍センサが示された。また直近の成果として歪み印加により  $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の高移動度トランジスタが報告された。質疑では、歪みの維持方法などについて議論が交わされた。

### 池田先生のご講演

ハイドロゲル形成の基礎と応用が紹介され、酵素反応を組み込んだバイオマーカー応答型ゲルや、ゲル-液体-ゲルの相転移構造体が示された。さらにメチル基導入による化学結合制御について説明された。質疑ではゲル濃度や硬度の解析方法などが議論された。

### 関根先生のご講演

皮膚機能を模倣する柔軟な触覚センサについて、印刷プロセス、デバイス、さらにそのリサイクルについて有機材料の利点を活用した取り組みが紹介された。滑りセンサや加速度センサ、ソフトロボット内蔵センサなど多様な成果が示され、触覚データのデジタル共有という未来像も提示された。質疑では柔らかさ検知手法などについて議論された。

### 岩瀬先生のご講演

折り紙・切り紙・切り折り紙を応用した伸縮デバイスが紹介され、従来構造の課題を克服する新手法が提案された。応用として熱電発電デバイスと折り紙構造の融合が示され、放熱構造変化による特性向上が報告された。質疑では FSE への展開可能性や性能評価について議論された。

### 一般講演（6 件）

高分子薄膜・ナノファイバーを用いたエラストマーヤヌスシート、フィルムの可逆的な接合、透明皮膚電極、柔らかさを検知する電子皮膚、摩擦帶電型咽喉マイク、自己接着性電極によるサイボーグ昆虫など、多彩な研究成果が報告された。いずれも異分野融合の重要性を強調するものであり、また発表のレベルも高いものであった。

### まとめ

本シンポジウムは、FSE の基盤技術から応用、さらには情報学や生物学との融合まで幅広い領域を取り上げ、参加者間で活発な議論が行われた。今後の FSE 研究を発展させるためには、化学、材料科学、情報科学、電子工学、機械工学、物理学、医学、生物学といった多様な分野の連携が不可欠であることが改めて認識され、本シンポジウムはその発展に向けた起点となる重要な機会となった。