

2020年7月13日  
国立大学法人東京大学  
大日本印刷株式会社

東京大学 大日本印刷 スキンディスプレイのフルカラー化に成功  
— 薄型で伸縮自在な電子回路基板の実用化に目途 —

国立大学法人東京大学(総長:五神真)の染谷隆夫博士(大学院工学系研究科長・教授)の研究チームと大日本印刷株式会社(以下:DNP)は、独自の伸縮性ハイブリッド電子実装技術(用語 1)を進化させ、薄型で伸縮自在なフルカラーのスキンディスプレイ(用語 2)と駆動・通信回路及び電源を一体化した表示デバイスの製造に成功しました(写真 1、2)。この装置は、皮膚上に貼り付けたディスプレイに外部から送られた画像メッセージを表示できるコミュニケーションシステムです。



写真 1: 薄型で伸縮自在なフルカラースキンディスプレイ。独自の伸縮性ハイブリッド電子実装技術で、12×12個のカラーLEDと伸縮性配線をゴムシートに実装した。



写真 2: 表示部と、駆動回路、BLE(Bluetooth Low Energy)通信回路、電源を一体化して皮膚に貼り付けられたフルカラースキンディスプレイ。

### 【開発の背景】

ウィズコロナ/アフターコロナの社会では、距離を隔てた状況でのコミュニケーションのあり方が重要になります。直接会えない、触れられない状況では、顔色の変化から察するなど、非言語コミュニケーションの要素が欠落します。つまり対面で無意識に行っていたこれらの情報処理を補う手段がこれからの社会では求められるのです。相手を身近に感じる効果を期待し、体表に近いところで情報を見たり、センシングしたりできる技術として、スキンセンサーやスキンディスプレイの開発が進められています。

### 【研究のポイント】

- 曲面形状に追従できる伸縮性ハイブリッド電子実装技術で使用できる部品の選択肢が広がり、実用化に目途がつけました。この実証として、皮膚に貼って用いるスキンディスプレイの表現力を高めるフルカラー化に成功しました。
- フルカラースキンディスプレイの配線の信頼性を向上し、駆動・通信回路や電源も一体化しました。さまざまなものに簡易に貼り付けることができるようになりました。
- 情報を表示・取得するデバイスの形が変わり、伝達される情報の質も変わります。遠隔コミ

コミュニケーションでの感情伝達を補う効果を期待してスキンディスプレイを開発しました。今までにない姿の応援メッセージを送るなど、情報伝達において利便性を発揮できます。

## 【主な研究内容】

東京大学の染谷隆夫博士(大学院工学系研究科長・教授)の研究チームと DNP は伸縮性のあるデバイスの研究開発に取り組んでいます。今回、フルカラーLED を実装した、薄型で伸縮自在なスキンディスプレイを開発しました。

電子回路基板は、かつては固い板状の基板が主流でしたが、現在はフィルム状のフレキシブルな基板が広く用いられています。フィルム状の基板は曲げたり丸めたりすることはできますが、繰り返しの「伸び縮み変形」はできないため、本チームは、伸縮し、曲面に自由に追従できる電子回路基板を目指して研究開発を進めています。

伸縮変形に追従する先行の電極配線は、その素材の伸長時における電気抵抗の上昇や、繰り返しの伸縮時に断線しやすいという課題がありました。また、伸縮性の高い基材上に、既存の剛直な部品を用いて電子回路を形成すると、柔軟性のある電極材料と剛直な部品の接合部が、伸縮時に蓄積する応力によって破壊されやすいという課題もありました。

本チーム独自の伸縮性ハイブリッド電子実装技術は、柔軟な基材を曲げ伸ばしても抵抗値が変わらない電極配線を可能とします。さらに、剛直な部品を実装しても伸縮時に断線しにくい工夫を盛り込んでいます。信頼性を向上させた結果、比較的大きな部品を使っても壊れにくい回路が作れるようになりました。この実装技術の有効性の実証を兼ねて開発したスキンディスプレイには、12×12 個(画素数:144)の1.5mm角サイズのフルカラーLEDが薄いゴムシートに2.5mmの等間隔で埋め込まれています。全体の厚みは約2mmで、130%までの伸縮を繰り返しても電氣的・機械的特性が損なわれません。薄型・軽量で伸縮自在なため、皮膚に直接貼り付けても人の動きを妨げることがなく、装着時の負担が大幅に低減されます。皮膚以外にも曲面を含む色々なものに張り付けることができます。

表示部の駆動電圧は3.7ボルト(V)で、表示スピードは60ヘルツ(Hz)、最大消費電力は平均100ミリワット(mW)です。以前発表したスキンディスプレイは単色表示でしたが、フルカラーLEDによって9,000色以上の色表現が可能となりました。また、表示エリアの外周近傍に制御回路とバッテリーも実装しており、配線ケーブルを不要とし、手の甲に貼り付けたスキンディスプレイに外部からBLE(Bluetooth Low Energy)通信で表示内容を制御できます。

曲がるだけのディスプレイは商品化済みですが、伸び縮みするディスプレイや皮膚に貼り付けることができるレベルの極薄ディスプレイは、研究開発段階の試作品が数件報告されているだけです。本チームは、2009年5月に世界初となる伸び縮みする16×16個の有機エレクトロルミネセンス(EL)ディスプレイを(注1)、2016年8月に厚さが1マイクロメートル( $\mu\text{m}$ )の極薄の有機EL素子で7セグメントのディスプレイ(用語3)を(注2)、2018年2月には、本研究の先駆けとなる単色スキンディスプレイを(注3)発表しました。

本研究では、発光素子として無機半導体を発光材料としたLEDと独自の伸縮性ハイブリッド電子実装技術を駆使することで、従来の伸縮性ディスプレイよりも圧倒的な大気安定性と機械的耐久性を同時に達成しました。伸縮自在なディスプレイを皮膚にフィットさせ、かつ人の動きに追従させた状態で、数百個のLEDが1画素の故障もなくフルカラー動画を表示できたのは、世界初です。

また、本製品は、伸縮性のある配線材料として銅を採用し、一般的な電子部品製造プロセスを用いて製造できます。産業界で実績のある量産性に優れた方法で製造が可能のため、早期の実用化と将来の低コスト化が期待できます。

### 【今後の取り組み】

スキンディスプレイの通信・駆動回路、電源を一体化したことにより、スタンドアローンのコミュニケーションツールとして利用できます。例えば、遠く離れたところにいる人からの応援メッセージが、あたかも自分の身体の一部に灯るかのように LED の発光で表示できます。その結果、SNS やメールでのコミュニケーション以上に、相手のメッセージを受け手が身近に感じる効果が期待できます。これは、コロナ禍を経た今後のニューノーマルな社会において、対面コミュニケーションでは無意識下で成立していた非言語コミュニケーション要素の欠落を補う手段として期待できます。また、表示素子や各種センサーを利用するスキンエレクトロニクスでは、かさばるデバイスを身に着けなくても、皮膚に貼りつくデバイスで身体の動きや体調をセンシングできるため、コミュニケーションをとる相手と感覚情報を共有する新たな手段を提供できる可能性があります。今後、これらの体表面に近いところで表示するセンシングデバイスのコミュニケーションに与える効果について検証する研究も続けていきます。人に優しいスキンエレクトロニクスによって、スマートフォンやタブレット端末よりも情報へのアクセシビリティが大幅に向上し、子供から高齢者に至る全世代の QOL (Quality of Life) が向上されると期待されます。DNP は、間もなくスキンエレクトロニクスの実用化検証を開始します。

本研究成果は、東京大学大学院工学系研究科と DNP の研究開発センターの共同研究によるものです。また、本研究成果の一部は、JST 未来社会創造事業 探索加速型(本格研究 ACCEL 型)(研究開発課題名:「スーパーバイオイメジャーの開発」、研究代表者:染谷 隆夫(東京大学大学院工学系研究科・教授)、プログラママネージャー:松葉頼重(科学技術振興機構)、研究期間:平成 29 年 7 月~令和 4 年 3 月)の研究費助成を受けました。

(注 1) Nature Materials 誌(2009 年). DOI 番号:10.1038/nmat2459

(注 2) Science Advances 誌(2016 年). DOI 番号:10.1126/sciadv.1501856

(注 3) Someya, Takao. "Continuous Health-Monitoring With Ultraflexible On-Skin Sensors."

2018 AAAS Annual Meeting.

(用語 1) 伸縮性ハイブリッド電子実装技術:通常は固い板であるプリント基板に半導体素子など電子部品を搭載するための製造方法が発展し、伸縮性のあるゴムシート状のプリント基板に様々な電子部品を搭載するための製造技術。伸縮性のある柔らかい電子部品と固い電子部品が混載(ハイブリッド)された電子製品を製造するための技術なので、伸縮性ハイブリッド電子実装技術と呼ぶ。

(用語 2) スキンディスプレイ:薄型で伸縮自在のディスプレイで、皮膚に直接貼り付けて使用することができる。

(用語 3) 7セグメントディスプレイ:個別にオン・オフできる7本の棒状の画素から構成され電子表示装置。アラビア数字やアルファベットを表示することができ、電卓の表示などに広く利用されている。

※記載されている会社名・商品名は、各社の商標または登録商標です。

国立大学法人東京大学 所在地:東京 総長:五神真  
大日本印刷株式会社 本社:東京 代表取締役社長:北島義斉 資本金:1,144 億円

**【報道関係者からのお問い合わせ先】**

東京大学大学院工学系研究科 広報室  
大日本印刷 IR・広報本部 新海 田美夫