

経常研究

スマートテキスタイル分野への参入に向けた 繊維素材への機能性付与技術に関する調査研究

井田 恵司* 島田 千花子*

Investigation research about the functional grant technology to the textile
materials for the entry to the field of smart textile

IDA Keiji and SHIMADA Chikako

スマートテキスタイル分野で求められる、導電性等の電気的特性に係る機能性付与に関する大学等の学術シーズと、地域の繊維関連企業が有する技術を結びつけるために、3つの学術シーズに関して、シーズの概要紹介資料を作成した。さらに、特に地域繊維関連企業と具体的な取組に発展することが期待できる学術シーズに基づく試作を行い、試作品の電気的特性評価を実施した。試作した生地は、130%のひずみを与えた時も高い導電性を維持することを示した。また、試作した糸は15%のひずみまで導電性を維持した。

このことから、本研究で作製した試作生地と試作糸は、いずれも導体としての性能を有しており、スマートテキスタイル分野で使用可能と考えられる。

Key words: スマートテキスタイル、機能性付与、導電性ペースト、導電性評価

1 はじめに

センサ等を組み込んだ衣服やインテリアなど、情報通信技術と連携した繊維製品（以下、スマートテキスタイル）の市場は、今後も継続的に拡大していくことが期待される。そのため、繊維関連業界には、スマートテキスタイルに関連した技術開発が求められているが、電気・電子関連分野と繊維分野相互の技術的連携は十分には進んでおらず、例えば導電性繊維の開発、電気的接続・実装技術の開発、耐久性や信頼性の確保等、これまでに地域繊維関連企業が取り組んだことのない技術課題^{1) 2)}が多く、参入への障壁は高い状態である。

そこで、本調査研究では、大学等有する学術シーズを調査し、スマートテキスタイル分野で求められる導電性等の電気的特性に係る機能性付与に関して、地域の繊維関連企業が有する撚糸・製織・編成・染色・縫製等の技術と学術シーズを結びつけるために、シーズの概要紹介資料を作成した。さらに、特に地域繊維関連企業と具体的な取組に発展することが期待できる学術シーズを選び、当該シーズに基づき、サンプル試作とその電気的特性評価を行った。

2 研究の方法

2. 1 学術シーズ調査及び概要紹介資料の作成

* 栃木県産業技術センター 繊維技術支援センター

学術シーズ調査は、スマートテキスタイルに関する研究を行っている研究室のホームページの検索、シーズ保有者に対する電話や対面によるヒアリング等で行った。

また、概要紹介資料は当該研究を行う研究室への訪問等により、学術シーズ保有者の専門知識に基づく指導を受けた結果に基づき、これを地域繊維関連企業が実際に活用する際の視点から作成した。

2. 2 試作に使用する試料等

①生地・・・ポリエステル編地（アリス KT-2028A）

②糸・・・ウーリーナイロン糸（グンゼ㈱ウーリーナイロン 210 タイプ（24 TEX））

③導電性ペースト材料

I 導電材料・・・銀粉末（関東化学㈱製）

II バインダー
┌ ホワイト AR-2（松井色素㈱製）
└ バインダーDL（㈱田中直染料店製）

さらに、導電性ペーストには、ペーストの粘度調整やペーストの混合状態の向上を図るため界面活性剤（スコアロール 400（北広ケミカル㈱製））を加えた。

2. 3 試作生地の作製

試作生地は、図1に示す手順で作製した。

作製にあたり、本研究では生地表面への電気回路実装を想定していることから、ペーストの裏面への染みだしや短絡の防止を図るため、生地への絶縁処理を施した後、導電性ペースト加工を行うこととした。

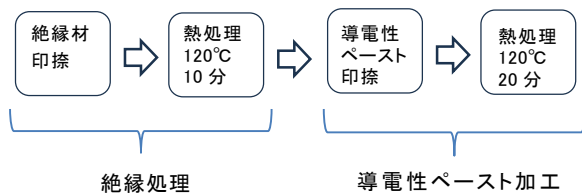


図1 試作生地作成手順

具体的には、図1のとおり、ポリエステル編地に対し、まず絶縁性を確保するための処理として導電性ペーストを塗布する部分の下地に絶縁材となるバインダーを試験用スクリーン捺染機（㈱シンワキカイ製 #ST-800E）を用いて印捺した。

この時のバインダーの処方ホホワイトAR-2とバインダーDLを混合したものとした。ホホワイトAR-2は、伸縮性があるウレタン系のバインダーであり、バインダーDLは、粘性が低い特性があり、絶縁材を印捺する際のハンドリング向上のために添加した。両者の混合割合は、ホホワイトAR-2が80 wt%、バインダーDLが20 wt%とした。

印捺後、送風定温乾燥機（ヤマト科学㈱製 DKN602）を用いて120℃で10分間熱処理を行い、バインダーを固着させた。

次に、この編地に導電性ペーストを印捺した。

導電性ペーストの処方は、80 wt%の銀粉末、16 wt%のホホワイトAR-2、4 wt%のバインダーDL及び微量の界面活性剤とした。これらを脱泡混練機（㈱シンキー製 AR-100）で均一に混ざるまで攪拌混合して導電性ペーストを調製した。スクリーン捺染機で印捺後、送風定温乾燥機を用いて120℃で20分間熱処理を行い、導電性ペーストを固着させた。

2. 4 試作系の作製

糸は電線を模した構造であり、裏面が無く全面が表面となるため、試作系については、絶縁材の印捺による絶縁性を付与する必要が無く、導電性ペーストの塗布のみを行った。ただし、導電性ペーストの塗布にあたっては、糸の全面に均一に塗布するように配慮した。導電性ペーストをウーリーナイロン糸に塗布した後、送風定温乾燥機を用いて120℃で20分間熱処理を行った。

2. 5 評価

試作生地及び試作系における導電性ペーストの固着状態等を確認するため、試料の表面観察を行った。拡大写真については、デジタルマイクロスコブ（HIROX 製 KH-7700）を用いた。

また、繊維素材としての使用を想定し、試作品（試作生地及び試作系）の電気的特性評価として、試作品を伸長させることによる電気抵抗値の変化を調べた。試作品の伸長には、万能引張試験機（インストロン製 5569）を使用し、チャック間距離は20 mmとした。本評価に供す

るサンプルは、試作生地の場合は試験片幅を10 mm（内、導電性ペースト印捺幅5 mm）とし、試作系の試験は1本の試作系で実施した。抵抗値はデジタルマルチメーター（OWON 製 XDM3051）を使用し、4端子法にて測定した。

3 結果及び考察

3. 1 シーズ調査及び概要紹介資料の作成

大学をはじめとして、各研究機関においてスマートテキスタイルに関する研究が実施されている。その中から、本県の繊維関連企業へ周知することでスマートテキスタイル分野への参入の障壁が下がることが期待できる学術シーズ³⁾を選び、シーズ調査を行った。

調査を行った結果、以下の3つのテーマについては、地域繊維関連企業が連携できる可能性が高いと考えられた。そのため、当該学術シーズの概要、連携して開発に取り組む際に必要な設備や開発期間、連携する前に検討しておくべき事項、開発できる製品のイメージ、連携の形態等について、ヒアリング等を通して明確にした上で、学術シーズごとに「学術シーズ概要紹介資料」としてまとめた。

シーズ1：無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサ（京都工芸繊維大学）⁴⁾

シーズ2：高伸縮導電性ペーストを用いたウェアラブルデバイス（群馬大学）^{5) -7)}

シーズ3：高生体適合性フレキシブル繊維電極（東北大学）⁸⁾

作成した学術シーズ概要紹介資料を図2～4に示す。

3. 2 サンプルの試作及び試作品の評価

3. 1で概要紹介資料を作成した学術シーズのうち「高伸縮導電性ペーストを用いたウェアラブルデバイス」は、比較的少ない初期経費で企業が試作に取り組めることや、地域の繊維に関わる各業種（撚糸、編織、染色、縫製）が連携するなどし、それぞれへの展開が期待できると考えられた。

そこで、当該シーズに基づき、地域の繊維関連企業が日常的に取り扱う繊維素材である糸や生地に対して、当センターが保有する機器等を用いて、導電性を付与した糸及び生地の試作を行った。

3. 2. 1 試作生地の作製

2. 3で示した方法で製作した試作生地の表面観察結果を図5に示す。

図5から、銀と思われる微細な粒子が隙間なく印捺できていることがわかる。一方で、ペースト部分における表面の凹凸も確認できる。

これは、今回実験に使用した銀粉末の粒子サイズが45 μm以上と比較的大きいためであると考えている。今後、

無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサ

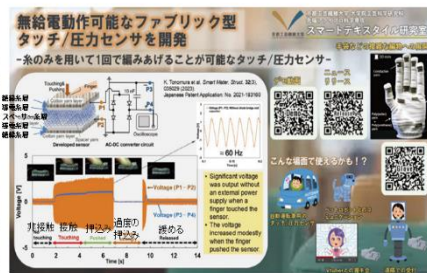
シーズ保有者 京都工芸繊維大学 大学院工学部研究科 先端ファブ科学専攻
スマートテキスタイル研究室 石井裕 准教授

シーズの概要

導電性糸と絶縁性糸を用いて、ホールカーメットで無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサを編み上げる技術を開発。(特許取得済み)

全体が糸だけで構成されていることから、肌触りが良好であり、軽量化と通気性に優れる上に、洗濯することも可能。

さらに、環境中に常時放電されている電池系を利用しているため無給電でのセンシングが可能。当該センサは、電気自動車や自動運転車などの利用が期待でき、当該分野で使用する部材等の共同開発が可能である。



シーズ概要説明図 京都工芸繊維大学 初のシーズ実用化利用

連携のポイント

①シーズの活用が見込まれる繊維業界

靴業界、製靴業界、製襪業界

②共同開発や連携に必要な設備等

- ・使用する素材(糸)・・・導電糸(銀の粒子)、絶縁性糸(ポリエステル系/ナイロン系)
- ・必要となる設備・・・多層編織機(織機)、織機、織機
- ・その他(あれば望ましいもの)・・・縫製機等(マルチメータ)

③連携(技術導入)に伴い、検討しておくべき事項

- ・開発するデバイスの用途(用途に応じて、必要なスペック(生地/厚み/弾力/圧力等)が異なる。それに合わせて使用する資材も変わってくるため、使用する目的や開発期間等も含めて明確にしていただく)
- ・生地の作製(編織)に関するノウハウが必要(比較的、導電性糸を用いる場合は、これまでのメンテナンスが必要)
- ・ファブリックを製造するための体制の確保(自社で製造可能な場合は技術提携/外部に委託する外注先を確保することが望ましい)

④開発する製品イメージ及び進出が見込まれる産業分野

製品イメージ・・・触れて「熱い」「冷たい」を感知するタッチ/圧力センサ(人間だけでなく家電/ペットにも利用可)
産業分野(例)・・・産業用機器、モバイル機器、家電製品、自動車関連、医療機器/介護機器等

⑤連携の形態

共同研究(例:共同でデバイスの仕様を検討し、企業で試したものを大学の装置を使用して、性能等を評価するイメージ)
共同研究実施にあたっての注意事項:なし
技術指導(例:大学の連携窓口で問い合わせ、技術指導の申請書提出すれば大学からコンタクトがあるシステム)

⑥シーズ保有者コメント

タッチ/圧力センサはウェアラブルエレクトロニクス分野/ヘルス分野への応用展開が可能です。人体に直接触れる部分となるため、生地の厚みや硬さの影響を受けるため、素材や太さ等を自由に決定することができ、そのため、圧力センサの感度や圧力範囲に合わせたカスタマイズが可能です。皆さまからの御相談をお待ちしております。



連携に興味がある方へ

問い合わせ先: 栃木県産業技術センター 繊維技術支援センター TEL 0284(21)2138
シーズ関連問合せ先: 京都工芸繊維大学 スマートテキスタイル研究室 TEL 075(724)7883

Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture

図2 シーズ1の概要紹介資料

高伸縮性導電性ペーストを用いたウェアラブルデバイス

シーズ保有者 群馬大学 大学院理工学部物質・環境部門
井上 雅博 准教授

シーズの概要

エラストマバインダー中に数ミクロンサイズの銀フィラーを分散させた高伸縮性導電性ペースト(銀:80vol%バインダー20vol%程度)をテキスタイル上にプリントした後、熱処理することで、伸縮に対応できる配線・電極・接続部分等を実現する実証技術を開発。

これまでに、市販のコブレーションシャツに生体信号計測用の電極をプリントし、試作したウェアラブルデバイスで、生体電気信号測定が可能であることを実証している。(IEEJ Trans.SM, Vol.137, No.12, 2017)

研究室では、伸縮性を有する電極の作製方法に関する知見を有しており、生体計測をはじめとした各種目的に応じた電極の作製に関する連携や共同開発が可能である。



伸縮性導電性ペーストをプリントしたウェアラブルデバイスの例

試作したウェアラブルデバイスの例

連携のポイント

①シーズの活用が見込まれる繊維業界

靴業界、製靴業界、製襪業界、染色業界、縫製業界

②共同開発や連携に必要な設備等

- 使用する資材(糸)・・・金属フィラー(数ミクロンサイズの銀粉末)、バインダー
- 必要となる設備・・・高精度印刷装置、遠赤外線加熱装置(100～120℃で使用できるもの)
- その他(あれば望ましいもの)・・・導電性ペースト塗布装置(スクリーン印刷機等)、評価機器(デジタルマルチメータ等)

③連携(技術導入)に伴い、検討しておくべき事項

- ・開発するデバイスの用途(用途に応じて、必要な電極の仕様(形状/弾力/圧力等)が異なる。それに合わせて使用する資材も変わってくるため、使用する目的や開発期間等も含めて明確にしていただく)
- ・開発するデバイスの使用環境(伸縮性の程度、加工工程はどの程度になるか、洗濯性が必要か、その他必要な機能は・・・等)
- 導電性ペーストの塗布方法(塗布のやりかた、乾燥性、ペーストの保持性、・・・等)
- ペーストをプリントした後の加工後生地の導電性にも影響を及ぼすことがわかっていない
- ・開発したデバイスを用いたビジネス展開(生産量・価格・イメージ・上市までのタイムスケジュール)
- ・生産のイメージ(自社対応の可否)

④製品イメージ及び進出が見込まれる産業分野

製品イメージ・・・心電・脳電計測用ウェアラブルデバイス(人間だけでなく、家電/ペットにも利用可)
産業分野(例)・・・衣料品、医療機器/介護機器、産業用機器、モバイル機器、家電製品、自動車関連等

⑤連携の形態

共同研究(例:自社で素材(生地等)を準備し、大学の装置を使用して導電性ペーストを試作するイメージ)
共同研究実施にあたっての注意事項:なし
技術指導(例:群馬大学の規程に基づく学術指導(学術シーズ保有者の知見/大学の装置を使用した試作開発等)のメニューあり)

⑥シーズ保有者コメント

銀を含有する高伸縮性ペーストを塗布することで、生シートの低抵抗を持つウェアラブルデバイス材料の開発が可能です。これまでの研究で、導電性ペーストの印刷は50μm以上ありますが、基材と用途が明確であれば、様々な仕様を満足するデバイスの開発が可能です。皆さまからの御相談をお待ちしております。

連携に興味がある方へ

問い合わせ先: 栃木県産業技術センター 繊維技術支援センター TEL 0284(21)2138
シーズ関連問合せ先: 群馬大学 大学院理工学部 物質・環境部門 井上研究室 TEL 0276(50)2250

Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture

図3 シーズ2の概要紹介資料

高生体適合性フレキシブル繊維電極

シーズ保有者 東北大学 災害科学国際研究所
鳥光 慶一 学術研究員

シーズの概要

各種繊維に導電性高分子(PEDOT)をコーティングし、生体適合性、肌触り、風合いが良い導電性材料であるフレキシブル繊維電極を開発。

糸状、リボン状、布状の基材等に対して加工が可能である。

計測によるストレスを低減させるため、着用した際の圧迫感を抑制し、さりげなく計測することを狙っているため、肌への刺激を抑制した素材であることが、他の研究に対する大きなアドバンテージとなっている。

研究室では、フレキシブル繊維電極を人体に接触させることで心電や筋電を計測する技術だけでなく、直接人体に触れることなくセンサを取得(例:着座時に背盤に電極が見える化)する技術も開発している。さらに、生体適合性が高い材料を生かした生体の脳神経活動及び筋肉内部の電位計測の技術等の開発に取り組んでいる。様々な研究実績を有していることから、アプリケーション開発も含めた連携や共同開発が可能である。



フレキシブル繊維電極の電子顕微鏡写真

フレキシブル繊維電極の心電計測

連携のポイント

①シーズの活用が見込まれる繊維業界

靴業界、製靴業界、製襪業界、染色業界、縫製業界

②共同開発や連携に必要な設備等

糸状、リボン状、布状の基材等に対する導電性高分子の加工及びフレキシブル繊維電極の提供は、東北大学のスタートアップ企業として設立されたヒュートエクス株式会社(シーズ保有者が代表取締役)が担う。
ヒュートエクス株式会社・・・〒980-0801 宮城県仙台市青葉区中央2-2-30 電話番号 022-228-7805 <https://beyond-s-corp.com/>

③連携(技術導入)に伴い、検討しておくべき事項

・開発するデバイスの用途(用途に応じて、基材の形状や厚みが異なるため、使用する目的や開発期間等も含めて明確にしていただく)

・センサシステム(繊維電極を感知する形態)の決定、アプリケーションの開発、〇〇測定システム/〇〇評価システムとして販売する形態の決定、方向性が異なる。特に後者であれば、商品化を進める上で不可欠な開発後の連携も見据えていただく。

④製品イメージ及び進出が見込まれる産業分野

製品イメージ・・・テキスタイルセンサ(特に生体適合性を生かした生体電極(心電・筋電測定デバイス)、荷重センサ、電圧検出材料(人間だけでなく、家電/ペットにも利用可)

産業分野(例)・・・衣料品、産業用機器、モバイル機器、家電製品、自動車関連、医療機器/介護機器等

⑤連携の形態

共同研究(例:共同で仕様等を検討し、スタートアップ企業も加わった上で試作等を行うイメージ)
共同研究実施にあたっての注意事項:なし

⑥シーズ保有者コメント

フレキシブル繊維電極は、基材である繊維の風合いや肌触りを生かすことなく導電性を付与しているだけでなく、高い生体適合性を有していることから、分野での活用が期待できます。また、電極自身がセンサになるという繊維電極の特徴から、日常、継続的な生体計測を必要としないウェアラブルセンシング分野への参入のハードルが低くなるものと考えます。皆さまからの御相談をお待ちしております。



連携に興味がある方へ

問い合わせ先: 栃木県産業技術センター 繊維技術支援センター TEL 0284(21)2138
シーズ関連問合せ先: 東北大学災害科学国際研究所 鳥光研究室 TEL 022(795)5833

Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture

図4 シーズ3の概要紹介資料



図5 試作生地の表面観察結果

(左: 生地の全体写真 右: ペースト部分拡大写真)
技術移転等の中で試作を進める際は、銀粉末のサイズやバインダーの種類は作製する製品に応じ、適宜変更する必要があると考えられることから、目的に応じた導電性ペーストのレシピ等の知見をさらに蓄積する必要があると考えている。

3. 2. 2 試作系の作製

導電性ペーストをウーリーナイロン糸へ塗布する方法を図6に示す。

図6に示した導電性ペースト塗布用治具の中には、導電性ペーストを満たしている。

治具の上部から治具内に入ったウーリーナイロン糸が、治具内で満たされた導電性ペースト内を通過することで当該ペーストが糸の周囲から付着する。治具の下部は細くなっており、糸に過剰に付着した導電性ペースト

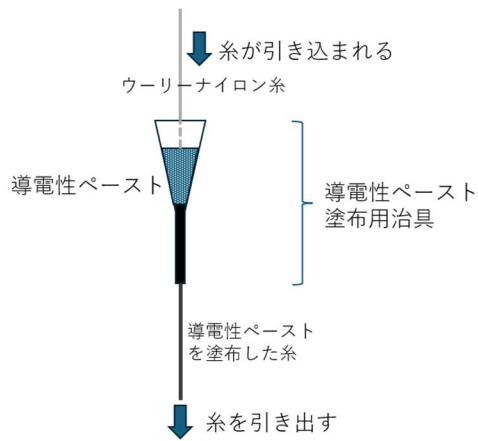


図6 糸への導電性ペースト塗布方法
をしごく役目をしている。下方から糸を引き出すと、ウーリーナイロン糸の周囲に導電性ペーストが付与できていることが目視で確認できた。

本方法で得た試作糸の表面観察結果を図7に示す。

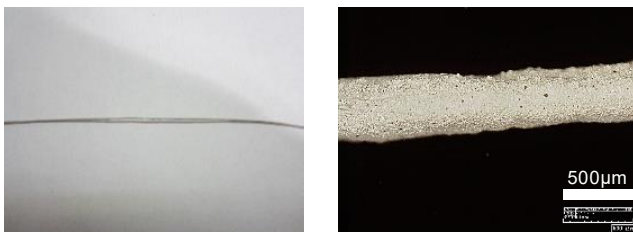


図7 試作糸の表面観察結果

(左：糸の全体写真 右：糸の拡大写真)

図7から、銀と思われる微細な粒子がウーリーナイロン糸の周囲を隙間なく覆っていることが確認できた。これにより、図6に示した方法で導電性ペーストを比較的均一に糸に塗布できたものと考えられる。

3. 2. 3 試作品の評価

3. 2. 1 及び 3. 2. 2 で製作した試作生地及び試作糸それぞれについて、電気特性評価として、伸長時の抵抗値を測定した。測定状況を図8に示す。



図8 伸長時の抵抗値測定の様子

図8に示したとおり、サンプルをセットした引張試験機を2 mm（サンプルに対するひずみは10%に相当）伸長した後、一定時間（10分）経過した時の抵抗値をマルチメータで計測し、これを繰り返した。これは、

伸長直後は、抵抗値が急激に上昇し、その後時間の経過と共に抵抗値が低下し、約10分で安定する状況が観測されたためである。

この方法で試作生地における伸長時の抵抗値変化を測定した結果を図9に示す。

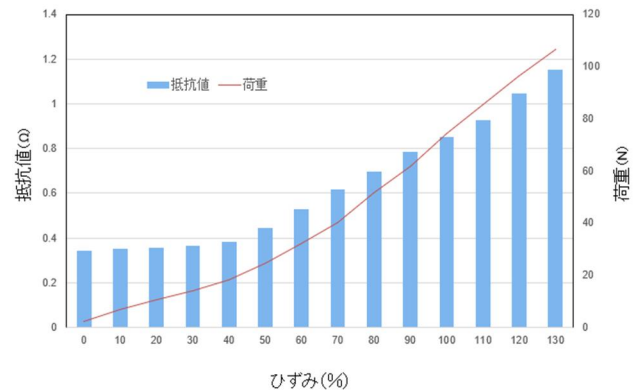


図9 試作生地における伸長後10分経過時の抵抗値

図9から、ひずみが0～40%程度（伸長値0～10 mm）では、ほとんど抵抗値に影響を及ぼさないことがわかる。50%以上のひずみになると、ひずみの増加に伴い抵抗値が直線的に増加する傾向が顕著になり、130%のひずみまで同様の傾向が続くことがわかる。

さらに、伸長を続け、ひずみが140%（伸長値28 mm）の測定を試みる際、基材であるポリエステル生地ごと切断した。

一般的に、膝や肘をはじめとした皮膚の伸びは、50%程度であると言われている⁹⁾ことから、試作生地は、衣料分野で利用できる可能性があることが認められる。

以上を踏まえると、試作生地は、衣料品用途に適するひずみの範囲（0～40%）では、抵抗値がほぼ変動せず、それ以上のひずみの範囲（50～130%）では、抵抗値が比較的にリニアに上昇する特性を有することが明らかになった。

また、試作生地は先に述べたとおり、一定時間経過後に抵抗値が安定する現象について、特徴的な特性を示した。その一例として、図10に80%のひずみから90%のひずみに生地を伸長した際、2分ごとに抵抗値の変化を測定した結果を示す。

試作生地に80%のひずみを与えて定常状態であった時点（グラフが実線になる時点）から90%ひずみを与える状態（90%ひずみに伸長した時点。すなわち、90%ひずみに伸長した時点からの経過時間が0分の時点）まで伸長を行った。その後、90%のひずみを与えてから定常状態（90%ひずみに伸長した時点からの経過時間が10分の時点）に到達するまでの間（10分間）、抵抗値が時間と共に変化していく状況を確認した。

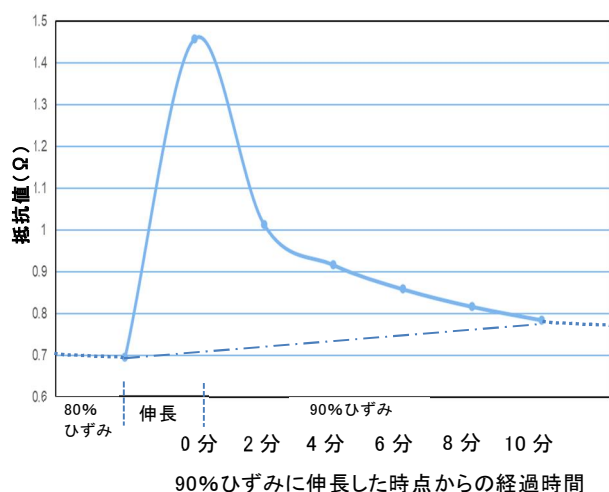


図 10 生地伸長試験時における過渡的現象例

本事象のようにひずみ値を変化させた時、変化直後の抵抗値が急上昇した後、徐々に低下し、安定した抵抗値に至るような経過をたどることを過渡的現象と言われている。

図 10 では、ひずみを 80% から 90% に伸長した時の経過を記載したが、今回の試験では、0～130% まで、全てのひずみ値で過渡的現象が確認できた。このことから、試作生地を伸長した際の抵抗値は、一定時間経過後は比較的にリニアな特性を示すが、伸長した瞬間からは過渡的に変化することがわかった。このことから、試作生地は本特性を利用することで、伸びにより変光・変色するデバイスや、ひずみゲージに相当するセンサ等の新たなデバイスの可能性も示唆されたと考えている。

次に、試作系における伸長後 10 分経過した時の抵抗値の測定結果を図 11 に示す。

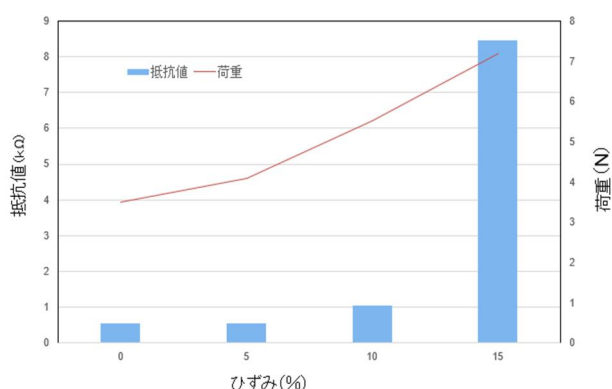


図 11 試作系における伸長後 10 分経過時の抵抗値

図 11 から試作系は、試作生地と比べると初期抵抗値（ひずみが 0% の時の抵抗値）が高いことがわかる。初期抵抗値は、0.5 kΩ 程度を示し、ひずみが 10% まで（伸長値 0～2 mm）であれば、1 kΩ 程度であったものの、ひずみを 15% まで伸長すると抵抗値は 8 kΩ

を超える値を示した。さらに伸長を続けたが、ひずみが 20%（伸長値 4 mm）の測定を試みる際、基材であるウーリーナイロン糸は切断していないにも関わらず、電氣的な破断が発生した。

なお、試作系においても、0～15% までの全てのひずみ値で過渡的現象が確認された。

企業等での活用を想定すると、試作系の抵抗値を低くすることやひずみに対する耐性を向上させることが求められると考えられる。そのため、今後は、この導電糸を数本撚り合わせるなどの検討を行い、抵抗値の低下とひずみに対する耐性を向上させる必要があると考えられる。

4 おわりに

大学等が有する学術シーズを調査し、スマートテキスタイル分野で求められる導電性等の電氣的特性に係る機能性付与に関して、地域の繊維関連企業が有する技術と当該シーズを結びつけるために、繊維企業向けに学術シーズ概要紹介資料を作成した。

さらに、特に地域繊維関連企業と具体的な取組に発展することが期待できる学術シーズに関して、サンプルの生地と糸を試作し、それらの電気特性評価を行った。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 地域企業が比較的活用しやすいと考えられる学術シーズとして 3 テーマを選定し、学術シーズ概要紹介資料を作成した。
- (2) 群馬大学の「高伸縮導電性ペーストを用いたウェアラブルデバイス」の学術シーズに基づき、当センターで保有している装置等を用いて、導電性を有するサンプル（試作生地及び試作糸）の製作を行った。
- (3) サンプルの性能評価として、電気特性評価を実施した結果、試作生地については 130% のひずみを与えた時でさえ、高い導電性を維持することを示した。また、試作糸は 15% のひずみまでは導電性を維持することを確認した。
- (4) 試作品（試作生地及び試作糸）はいずれも導体としての性能を有するだけでなく、伸長に応じて、リニアに抵抗値が変化する特性や、伸長時の抵抗値が過渡的現象を示すという特性を有しており、配線だけでなく、センサ等への活用が期待できることを確認した。

謝 辞

本研究の実施に関し、シーズ概要紹介資料の作成等にあたり、シーズ保有者である群馬大学の井上雅博

先生、京都工芸繊維大学の石井佑弥先生、東北大学の鳥光慶一先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 堀照夫：“エレクトロニクス実装学会誌”，23(5)316, (2020)
- 2) 牛島洋史：“スマートテキスタイル開発の現状”，繊維製品における資源循環システム検討会資料，
https://www.meti.go.jp/Shingikai/mono_info_service/resource_recycling/pdf/006_04_00.pdf
- 3) 例えば、福井県工業技術センター研究開発情報：
<https://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/kenkyu/index.html>
- 4) K. Tonomura, A. Yu, Y. Ishii：“Smart Materials and Structures”，32(3), 035029 (2023)
- 5) 井上雅博ら：“IEEJ Trans SM”，136(1), 18, (2016)
- 6) 井上雅博ら：“IEEJ TransSM”，137(12), 426, (2017)
- 7) 井上雅博ら：“エレクトロニクス実装学会誌”，18, 6, 413, (2015)
- 8) 鳥光慶一：“オレオサイエンス”，20(12), 27, (2020)
- 9) 原田龍司ら：“繊維機械学会誌”，36(6), 275(1983)