調査・報告

ウェアラブルデバイスに関する調査研究

古畑　雅弘[*]　明歩谷　英樹[*]　佐藤　清治[*]　皆川　森夫[*]
中部　昇[**]　渋谷　恵太[**]　本多　章作[***]　山田　敏浩[****]

Research on Wearable Devices

FURUHATA Masahiro[*], MYOBUDANI Hideki[*], SATO Seiji[*], MINAGAWA Morio[*]
NAKABE Noboru[**], SHIBUYA Keita[**], HONDA Syosaku[***] and YAMADA Toshihiro[****]

1. 緒　　言

衣服にセンサを備えたウェアラブルデバイスは，着るだけで体温，呼吸数，心拍などを測定できることから，医療や介護現場での患者の見守りや病気の予防，スポーツやリハビリにおける身体の負荷の測定など幅広い用途で開発が行われている[1)]。既に一部で商品化も始まっている。ウェアラブルデバイスには，着用者が負担にならない着心地や快適性の確保，洗濯耐久性の向上，デバイスの小型化などが求められる。

本研究では，ウェアラブルデバイスに関する技術動向や県内企業の取り組みについて調査するとともに，デバイスに必要不可欠な繊維の導電性付与に関する実験を行った。

2. 調査概要

2.1 技術動向・事例調査

ウェアラブルデバイスの開発においては，着用時のストレスが少なく生体情報を長時間，正確に測定できることが重要である。このため屈曲や身体の動きに追従できるように,センサや配線には，伸縮性，フレキシブル性が求められる。伸縮性フィルムに導電性ペーストをプリントしたデバイスなどが開発されているが，通気性や発汗時の蒸れが課題であるとされている[2)]。近年はポリエステル，ナイロンなどの汎用繊維に銀，銅めっきした導電性繊維が電気抵抗値が低く，耐久性，透湿性に優れることから多くの製品に用いられている[3)]。

一方，ウェラブルデバイスの対象は人だけではなく，ペットや家畜へも拡大している。犬や猫の健康状態をモニタリングする取り組みや,牛の発情期を検知するシステムの開発が行われている[4)]。

またウェアラブルデバイスの定義から外れるが，導電性を活かして構造物の劣化診断システムの開発なども行われている[5)]。

2.2 県内企業の動向

県内では，ウェアラブルデバイス用の各種センサーや高伸張性導電性ペーストを開発している企業のほか，取得したデータから，独自のアルゴリズムでデータ解析を行う企業がある。

一方，ウェアラブルデバイスの製品化には要素技術が多く，一社単独では製品化は難しく，用途も明確に定まらないことから，参入を躊躇する企業も多い。しかしこうした状況下においても，本事業をとおして，ウェアラブルデバイスの開発や活用について，具体的な提案，要望が出てきており，今後の活動に繋げていきたい。

3 試作・評価

3.1 試作・評価の概要

後加工によって繊維に導電性を付与する技術

*　素材応用技術支援センター
**　下越技術支援センター
***　県央技術支援センター
****　研究開発センター レーザー・ナノテク研究室

について知見を得るために，糊付け試験機を用いて，県内企業より提供いただいた導電性ペーストのコーティング試験を行った。

またこれより作製した編物と，比較試料として県内企業が開発している炭素化繊維について導電性評価を行った。

3.2　コーティング試験

糊付け試験機を用いて，導電性ペーストの主剤と希釈液の配合割合，コーティング回数，絞りの有無による条件を変えて糸を作製し，テスターによって電気抵抗値を測定し最適条件を検討した。素材は PET 16.7tex 糸を用いた。糊付け試験機を図 1，加工した糸の電子顕微鏡写真を図 2 に示す。コーティング回数が増加するほど付着量は多かったが，ペーストが繊維内部に入り込むのではなく，繊維表面に付着する傾向が見られた。コーティング 1 回では付着ムラが多く，3 回では繊維が硬化し，以降の製織，編立工程に影響を及ぼす可能性があった。このため

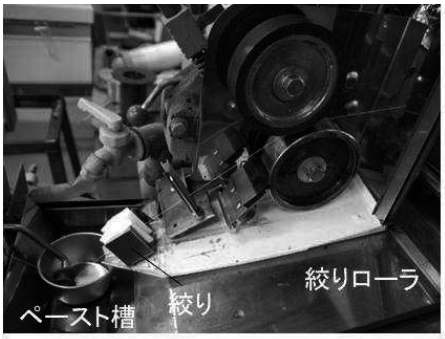


図 1　　糊付け試験機

図 2　加工糸の電子顕微鏡写真

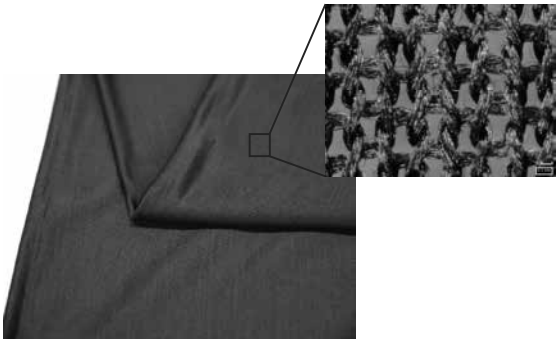


図 3　炭素化処理した絹編物

めコーティング回数は 2 回が最適と考えた。

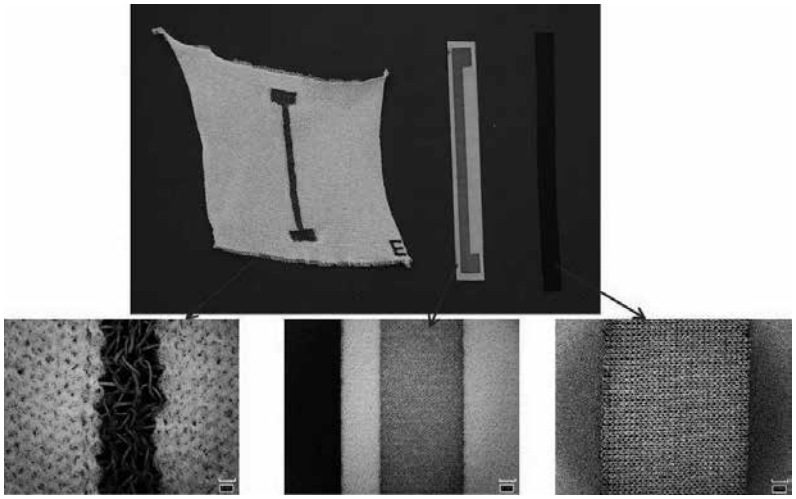
ペーストの主剤と希釈液の割合を 1:2，コーティングを 2 回行った糸の電気抵抗値は，140Ω/m～7,000Ω/m であった。さらにこの繊維を撚り合わせることで，100Ω/m～250Ω/m にまで低下させることができた。一般にウェアラブルデバイスに使用する導電性繊維の抵抗値は 300Ω/m 以下が必要で，試作した糸は導電性繊維として適用可能であることが示唆された。

3.3　炭素化繊維

県内企業において，レーヨンなどのセルロース系繊維や絹を高温で焼成（炭素化処理）して炭素化繊維を開発している。図 3 は天竺編みした絹編物を炭素化処理したものである。大きさは約 2/3 に収縮するが，処理前の形態をそのまま保持している。この素材は，軽量かつ柔軟性があり，吸着性，導電性などの特性が付与されることから，様々な製品に幅広い活用が期待されている。ここでは導電性繊維として活用の可能性を検討するために比較試料として電気的評価を行った。

3.4　繰返し伸縮による導電性の測定

試験に用いた試料を図 4 に示す。(a)は試作したコーティング糸を 2 本撚り合わせて作製した編物である。2 本撚り合わせた状態での電気抵抗値は 150Ω/m であった。編物は直線的な組織を編立可能なインターシャ編機と呼ばれる特

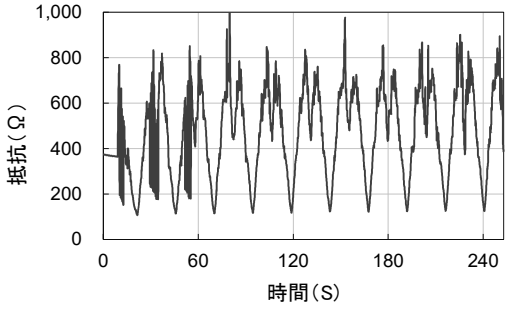


(a) ペースト編物　　(b) プリント生地　　(c) 炭素化繊維

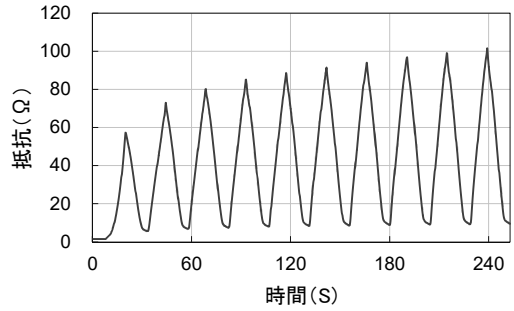
図 4　試験に用いた試料

殊編機にて作製した。コーティングによって糸が硬化したため編立が困難で編目が粗くなった。(b) は(a)と同組成の導電性ペーストをストレッチ性織物にプリントした試料である。(c)は絹編物を炭素化したものである。万能材料試験機を用いて 0～40%伸縮させた時の電気抵抗値を 4 端子法で測定した。結果を図 5 に示す。(a) ペースト編物は高い電気抵抗値を示したが，これは編目が粗く繊維同士の接触が弱かったためと考えられる。(b)プリント生地の電気抵抗値は 10～100Ω で，伸縮による抵抗値の変動が大きく，伸縮回数の増加に伴い伸度 0%時の抵抗値が増加しており耐久性に課題があることがわかった。一方，(c)炭素化繊維は 30～40Ω で，伸縮による電気抵抗値の変動が小さく耐久性にも優れていた。これは炭素化繊維がウェアラブルデバイス用配線材として活用できる可能性を示している。

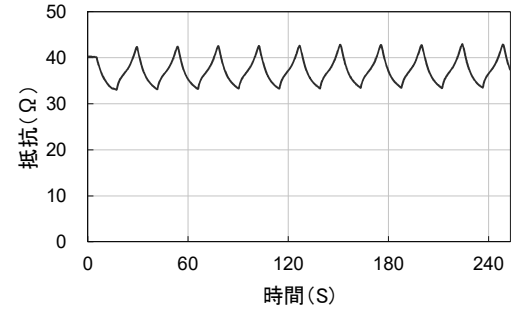
また，(b)は試料が伸長したときに抵抗値が増加するが，(a)，(c)は逆に抵抗値が低下する現象が見られた。これは (b)は織物，(a)，(c)は編物という試料の構造に起因している。編物は伸長すると，繊維同士の接触面積や接触度合が強くなり抵抗値が低下したと考えられる。



(a) ペースト編物



(b) プリント生地



(c) 炭素化繊維

図 5　電気抵抗値

4. 結　言

(1) ポリエステル，ナイロンなどの汎用繊維に銀，銅めっきした導電性繊維は電気抵抗値が小さく，耐久性，透湿性に優れており活用が拡大している。

(2) 県内ではウェアラブルデバイスの開発やその活用について関心を示す企業があるものの，製品化には要素技術が多く，取り組みを躊躇する企業が多い。

(3) 導電性ペーストを用いて糸にコーティング試験を行い，電気的特性を評価した。

(4) 炭素化繊維がウェアラブル用配線材として有効であることが示唆された。

参考文献

1) 宮原大地，“装着型バイタルサイン測定システムとスマートテキスタイル　ー特集にあたりー”，繊維学会誌，Vol.75，第 12 号，2019，pp．620-622.

2) https://www.toyobo.co.jp/news/2020/release_813.html「東洋紡(株)ホームページ」

3) https://www.mitsufuji.co.jp/　「ミツフジ（株）ホームページ」

4) 檜垣彰吾ほか，“牛用ウェアラブルセンサの開発と人工知能（AI）によるセンシングデータの解析”，NIAH ニュース，No.69，2021，pp．1-5.

5) 窪寺健吾，“テキスタイルセンサーを用いた鋼構造物用き裂検知手法の開発”，TIRI News，2 月号，2021，pp．6-7.