導電性繊維を活用したウェアラブルデバイスに関する調査研究

古畑　雅弘[*]　橋詰　史則[*]　明歩谷　英樹[*]　佐藤　清治[*]
本多　章作[**]　渋谷　恵太[**]　山田　敏浩[***]

Research on Wearable Devices Using Conductive Fibers

FURUHATA Masahiro[*], HASHIZUME Fuminori[*], MYOUBUDANI Hideki[*], SATOU Seiji[*],
HONDA Syousaku[**], SHIBUYA Keita[**] and YAMADA Toshihiro[***]

1. 緒　　言

近年，身体に装着して生体情報を取得できるウェアラブルデバイスが注目されている。装着の形態に応じてメガネ型，時計型，リストバンド型などに分類されるが，中でもセンサと衣服を一体化した衣服型ウェアラブルデバイスは，着るだけで体温，呼吸数，心拍を計測できることから，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テーションにおける身体の負荷の計測など幅広い用途で開発が行われている[1)]。

本調査研究では，衣服型ウェアラブルデバイスを中心に技術動向を調査し，さらに県内企業，試験研究機関の取り組みについて調査した。

また導電性ペーストを用いた繊維への導電性付与技術について実験を行った。その結果について報告する。

2. 活動概要

2.1　セミナーの開催

ウェアラブルデバイスの製品化には，センサ技術や情報処理技術，無線を利用した情報送信技術，さらにはこれらのデバイスを駆動させる自立電源など，幅広い要素技術が必要になる。

そこで実際に製品化を行っている大学，企業から講師を招いてセミナーを開催し，県内企業に情報提供を行った。併せてウェアラブル研究会の活動内容の紹介も行った。講演会の様子を図 1 に，内容を以下に示す。

開催日：令和元年 12 月 5 日（木）
参加者：22 企業 35 名
講演 1：「インテリジェントウェアラブルの実用化に向けて」
講師：長岡技術科学大学　教授　中川　匡弘 氏
概要：脳波を計測する手法や感性評価への応用，開発した小型脳波計を用いた製品開発の事例について紹介。
講演 2：「繊維製品の高機能化からスマートセンシングウェアの開発まで」
講師：東洋紡（株）コーポレート研究所快適性工学センター　部長　清水　祐輔　氏
概要：繊維の快適性加工，評価からスマートセンシングウェア開発までの経緯と現在の取り組みについて紹介。

図 1　セミナーの様子

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

2.2　調査概要

2.2.1　技術動向調査

ウェアラブルデバイスの開発においては，生体情報の正確な測定や着用者が負担にならない着心地や快適性の確保が重要である。このためセンサや配線を人の動きに追従させるために，導電性ペーストによる印刷や伸縮性フィルムを用いた製品開発が活発化しているが，締付けによる身体への負担に加えて，発汗による蒸れや不快さが課題となっている。加えて従来のウェアラブルデバイスの多くは，単一センサを用いて計測しているが，今後はより精度の高い生体情報を取得するために複数センサの搭載が進むと予測されている[2)]。こうしたことから，より柔軟で装着感の良いデバイスの開発が求められている。

2.2.2　県内企業の動向

県内ではウェアラブルデバイスを自社で開発し，多くの製品に採用されている企業をはじめ，ウェアラブル用高伸張性導電性ペーストを開発している企業，フィルムや繊維など多様な素材に半導体を搭載できるように低温実装技術の開発に取り組む企業，また画像処理やアルゴリズムの構築などソフトウェア開発に取り組む企業がある。しかし，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。こうした状況の中，本調査事業をとおしてウェアラブルデバイスのニーズや活用法について，いくつかの興味深い内容も出てきている。

2.3　工業技術総合研究所の取り組み

繊維への導電性付与に関して，素材や加工技術について知見を深めることを目的に，印刷を行い導電性評価を行った。

2.3.1　印刷試験

県内企業より提供いただいた水着用生地，凹凸の大きい織物，および導電性ペーストを用いてスクリーン印刷を行った。ペーストの主剤と希釈液の配合割合を変えて，手刷り回数 1 回及び 3 回で行った。加工は 80 と 100 メッシュのスクリーン版を使用し，手刷り用ホルダーを用いて印刷を行った。加工した生地を図 2，印刷部の電子顕微鏡写真を図 3 に示す。水着用生地は伸縮性は大きいが，表面は凹凸が少なく滑らかで，手刷り 3 回でも印刷パターンは鮮明であった。よって繰り返し印刷による厚みのあるパターンや，パターンの幅が 1mm 程度の細かいパターンの作製も可能と考えられる。一方凹凸の大きい織物はパターンのエッジ部でにじみが大きく，細かいパターンの印刷には適さなかった。導電性ペーストの主剤と希釈液の調合割合によって粘性が大きく変わるため，調合割合とスクリーンメッシュの選択を適切に調整することが重要である。

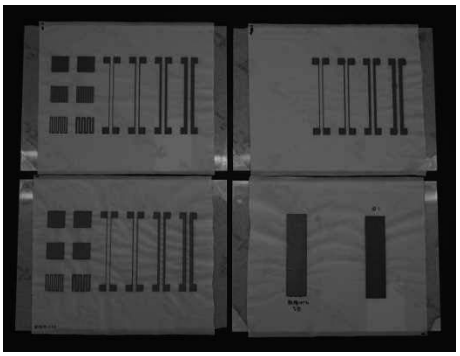


図 2　加工した生地

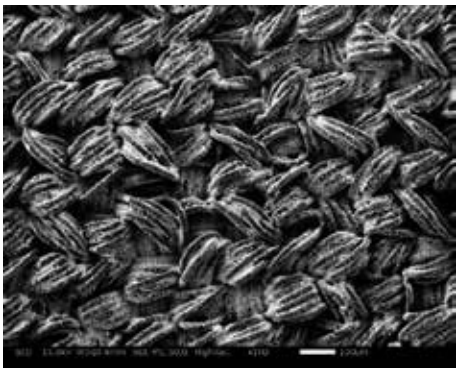
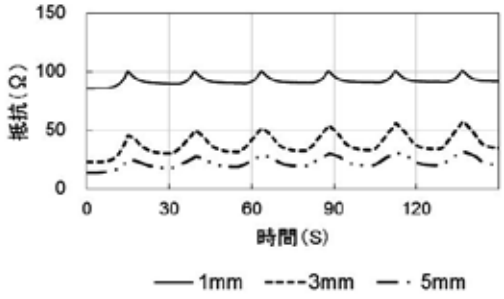
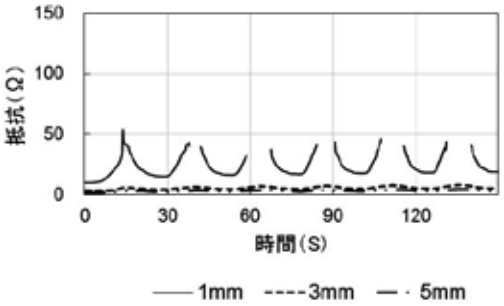


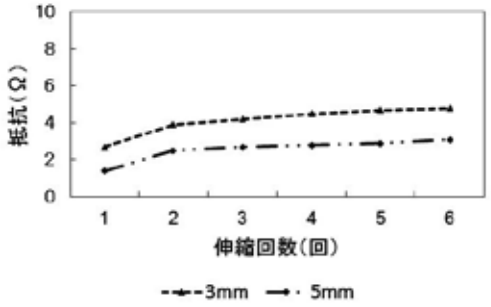
図 3　電子顕微鏡写真



(a)手刷り 1 回



(b)手刷り 3 回



(c)伸び 0%時の抵抗値

図 4　電気抵抗の測定

また市販のホットメルト層付き伸縮性フィルム 2 種に導電性ペーストを印刷し，ホットプレス機により熱と圧力をかけてフィルムを水着用生地に貼り合わせる加工を試みた。フィルムへの印刷は生地と同条件で行った。

2.3.2　印刷加工生地の電気抵抗の測定

2.3.1 で試作した生地について，万能材料試験機を用いて，生地を 0～40%伸縮させた時の電気抵抗値を 4 端子法で測定した。伸縮は 6 回繰り返し行った。水着用生地への手刷り回数 1 回及び 3 回の結果を図 4(a)，(b)に示す。手刷り回数が多いほど，またパターンの幅が広くなるほど電気抵抗値は低下した。手刷り 3 回のパターン幅 1mm では，伸縮 1 回で断線が発生した。これはパターンが細い上に，導電性ペーストの付着量が多く，硬く脆くなったためと考えられる。パターン幅 3mm 及び 5mm では断線は発生せず，抵抗値も 2～8Ω と低い値を示した。しかし図 4(c)に示すように，いずれも伸縮回数が多くなるほど伸び 0%時の抵抗値が増加していることから，耐久性に課題があることが分かった。同様に印刷したフィルムを貼り合せた生地についても試験を行ったが，伸縮性が小さく，伸張後すぐに断線が発生し，測定が困難であった。

3.　結　　言

(1) ウェアラブルデバイスの開発は，生体信号の正確な測定や着用者が負担にならない着心地や快適性の確保が課題となっている。このため，伸縮性が高く着心地の良いセンサや配線の開発が活発化している。

(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も多い。

(3) 県内企業から提供いただいた素材を用いて印刷，評価を行い，加工特性の一端を確認できた。

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　－特集にあたり－”，繊維学会誌，Vol.75，第 12 号，2019，pp．620-622.

2) 吉田学，“高伸縮性配線とそれを用いたセンシングデバイス”，技術情報協会セミナー，2020，pp．26-27.