

## 世界初！印刷技術の開発によって活動量を計測するフィルム上のセンサを実現

### 絆創膏のように柔らかい添付型ウェアラブルデバイスの誕生

大阪府立大学（学長：辻 洋）大学院工学研究科 竹井邦晴助教の研究チームは、印刷で作製できる絆創膏のように柔らかい添付型のウェアラブルデバイスのプロトタイプを開発しました。このウェアラブルデバイスは、人の活動量や簡単な健康状態（心拍、皮膚温度）、紫外線量を計測することが可能です。

今回、世界で初めて「印刷技術を開発すること」で柔らかいフィルム上に活動量（加速度）センサを形成する技術を実現しました。これによって、従来の半導体センサ作製技術と比べ、多種センサの集積化と低価格化が可能になりました。この技術は、次世代の絆創膏型健康管理デバイスの実現だけでなく、モノや人がセンサを介してインターネットと繋がる IoT（Internet of Things）社会への貢献やデジタルヘルスとしてのツールとしても期待でき、医療費削減、孤独死、医師・看護師の負担軽減など、現状のさまざまな社会問題の解決につながる基礎技術といえます。

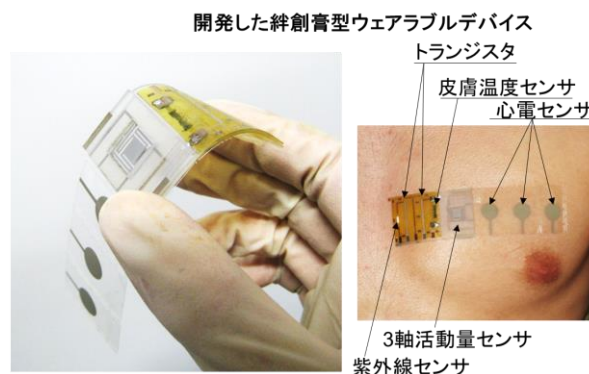
なお、本研究成果は（日本時間）2016年11月24日午前4時に、アメリカ科学振興協会「AAAS (American Association for the Advancement of Science)」のオンライン版「Science Advances」誌で公開されました。

#### ■研究成果のポイント■

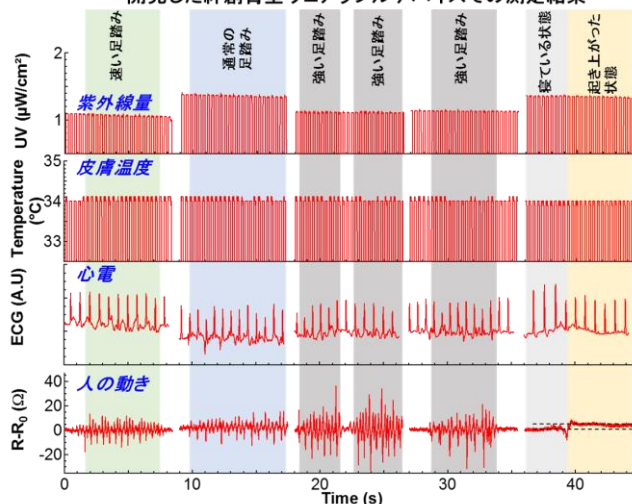
- ・「印刷」による活動量、皮膚温度、心電、紫外線を計測するセンサの作製に成功
- ・特に印刷技術による活動量（加速度）センサは世界初
- ・大面積印刷技術による柔らかい材料への多種センサの集積化実現により次世代エレクトロニクスへの大きな貢献

ナノ材料や有機材料を用いた印刷形成用のインクを開発することで、歪みセンサや温度センサを柔らかいフィルムの上に形成することを実現しました。加えて、構造を工夫することで、人の動きや状態を検出することも可能になりました。印刷技術による柔らかいフィルム上での活動量（加速度）センサは世界初の開発であり、今後この技術を発展させることで、これまでの硬い電子デバイスの機能を装着感の無い柔らかいフィルム上に実現することが期待できる成果です。また多種センサを安価に印刷形成することで、様々な応用用途への発展が期待できます。

#### 開発した絆創膏型ウェアラブルデバイス



#### 開発した絆創膏型ウェアラブルデバイスでの測定結果



装着時の活動量、心電、皮膚温度、紫外線量を計測

#### 【研究に関するお問い合わせ】

大阪府立大学 工学研究科 助教 竹井 邦晴  
 TEL 072-254-9497 Eメール takei@pe.osakafu-u.ac.jp

## 【背景】

人々の健康管理への関心及び近年の電子デバイスの発展から、ウェアラブルデバイスで代表される健康状態や運動量の計測が注目を集めています。現在は、硬い電子部品によって構成された時計型、ブレスレット型、メガネ型などのウェアラブルデバイスが普及していますが、このウェアラブルデバイスの次の爆発的普及には、次世代技術を取り入れたブレークスルーが必要不可欠とされています。

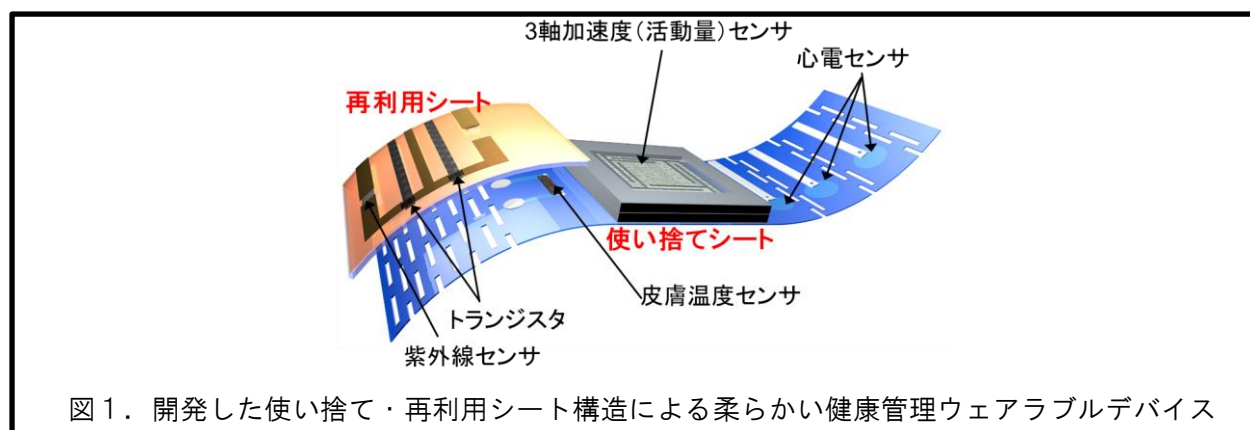
その一つとして、服の中に装着することでデザインを気にせず、さらに絆創膏のように柔らかいウェアラブルデバイスが実現出来れば、装着感の少ない快適な生活が実現できます。しかし、従来の半導体技術では、柔らかいセンサなどの作製が困難で、仮に新たな半導体技術で柔らかいセンサを集積できたとしても、ウェアラブルデバイスのような大きなデバイスでは、価格が高価になってしまいます。

そこで、本研究では、従来の印刷手法により健康管理センサ（活動量、皮膚温度、心電、紫外線）を薄く柔らかいプラスチックフィルム上に大面積かつ安価で形成する技術を開発しました。さらに、これらセンサを集積させることで、絆創膏のように柔らかいウェアラブル健康管理デバイスのプロトタイプの開発も行いました。

## 【研究手法と成果】

大面積で安価、そして多機能なセンサを集積することで、より健康で便利な次世代ウェアラブルデバイスの実現が期待できます。この技術の実現に向け、従来の半導体プロセスではなく、簡単に安く作製する方法として柔らかいフレキシブルフィルム上への印刷技術によるセンサの作製方法を提案しました。特に、①活動量を計測するセンサとして、歪みセンサとその構造の工夫、②皮膚温度計測として高感度温度センサ、③心拍計測として心電センサ、④紫外線量計測に向けた紫外線センサを印刷形成できるように無機ナノ材料や有機材料を混合させることでそれぞれのインクを開発し、そのセンサの集積化を行いました。

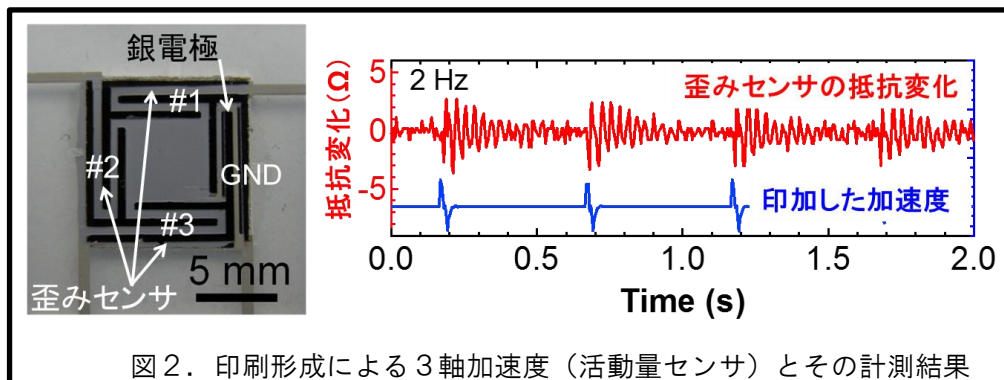
この技術の開発によって、皮膚にデバイスを添付することで簡単にそれぞれの状態を計測することが可能になりました。また皮膚へ直接添付するフィルムは衛生面を考慮し、絆創膏のように使い捨てシートとしました。しかし現状、Bluetoothや Wifi、プロセッサなどの機能を印刷技術で形成することは困難であり、これらを使い捨てにしてしまうと価格が非常に高価になってしまいます。これを回避するため、高価な電子部品は再利用シートに形成することで、出来る限りデバイスの柔軟性の維持とコストの削減を試みました（図1）。



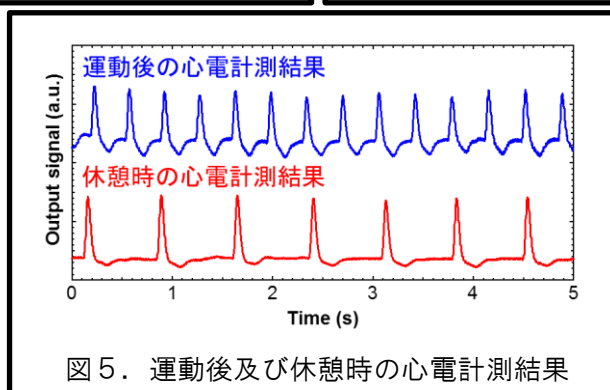
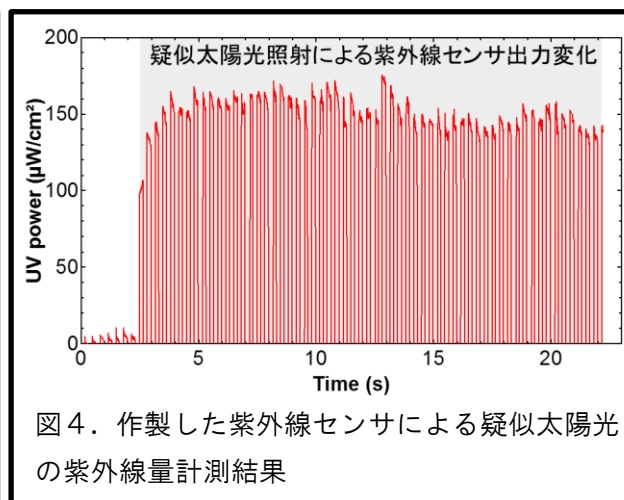
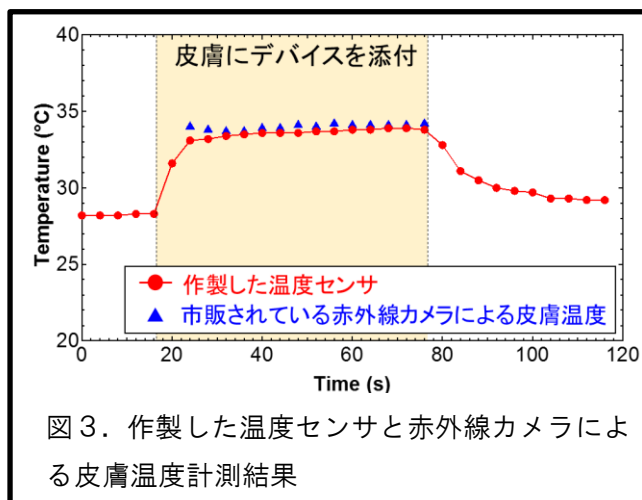
## 【研究に関するお問い合わせ】

大阪府立大学 工学研究科 助教 竹井 邦晴  
 TEL 072-254-9497 Eメール takei@pe.osakafu-u.ac.jp

今回の研究では、特に構造を工夫することで、世界で初めて印刷技術による3軸加速度（活動量）センサの作製に成功しました。これは人が動く際に生じる加速度により歪みセンサの抵抗変化を検出するものです（図2）。この抵抗変化を測定することで、人の動きや状態を、定量的に解析することが可能になります。現状は、まだ既存の加速度センサに比べてサイズが大きく、感度も高くありませんが、この技術をさらに発展させることで、簡単に安価で、そして様々なフィルム上に形成することが可能になり、応用用途の拡大が見込めます。



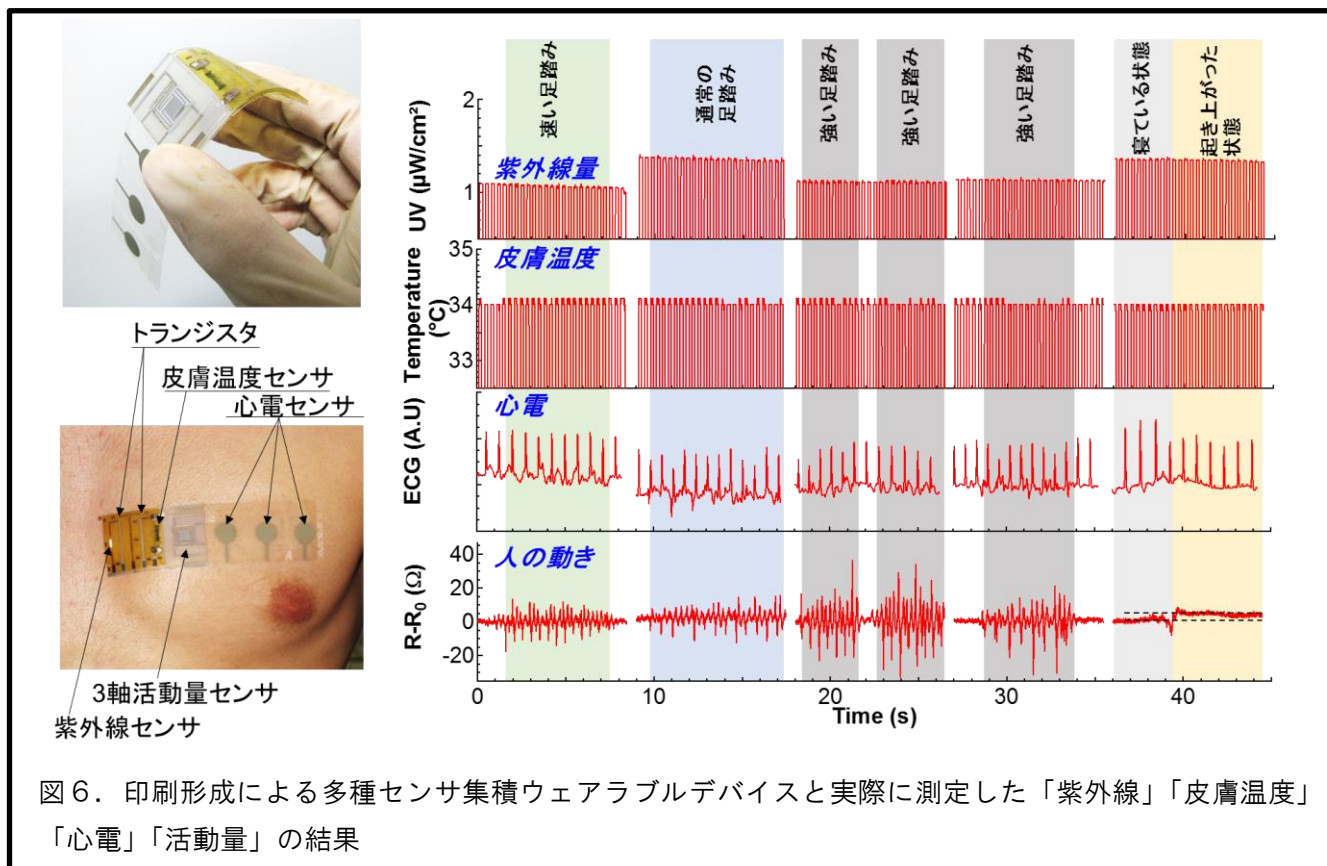
また、温度センサも皮膚温度を既存の赤外線センサによる計測と大きな誤差無く計測が可能であることを確認しました（図3）。同様に、紫外線センサでは太陽光に含まれる紫外線を計測でき（図4）、心拍数の変化も印刷した心電センサ電極により安定して測定することに成功しました（図5）。



## 【研究に関するお問い合わせ】

大阪府立大学 工学研究科 助教 竹井 邦晴  
 TEL 072-254-9497 Eメール takei@pe.osakafu-u.ac.jp

最後に、これらの印刷形成したセンサを集積させることで図6に示すように活動量に対する身体の情報などをリアルタイム計測することが可能になりました。現状、開発したデバイスには信号処理回路、無線回路、電源等が搭載されていないため、計測は全て有線で装置に接続して測定を行っています。心電はピーク間隔を読むことで、心拍数を計測でき、活動量センサについては、ピーク値で動作の強度、ピーク間隔でそのスピード（歩いている、走っている等）を測定できます。またピークではなく、活動量センサの抵抗変化を読むことで、人が立っているのか、横になっているのかも計測が可能です。



## 【今後の期待】

上述したように、本研究は印刷技術による柔らかいフィルム上へのセンサの集積、さらに健康状態のリアルタイム計測を行ったものであり、まだ実用化には、電源、無線回路、プロセッサ等が必要になります。よって絆創膏のように添付するだけで健康状態を監視するデバイス実現には、さらなる研究開発が必要になりますが、本研究は、医療費削減、孤独死、医師・看護師の負担軽減など、現在のさまざまな社会問題の解決につながる基礎技術といえます。また上記社会問題に加え、常時健康管理が実現することで、より健康な生活が可能、その延長線上に幸福感の向上が期待できます。

## 【研究に関するお問い合わせ】

大阪府立大学 工学研究科 助教 竹井 邦晴  
 TEL 072-254-9497 Eメール takei@pe.osakafu-u.ac.jp

## 研究助成資金等

本研究の一部は科学研究補助金、村田学術振興財団からの支援を受けて行われました。

## 発表雑誌

論文名：Printed multifunctional flexible device with an integrated motion sensor for health care monitoring

著者：山本祐輝、原田真吾、山本大介、本田航、有江隆之、秋田成司、竹井邦晴

掲載誌：Science Advances

公表日時：(日本時間)2016年11月24日 午前4時

## ■関連研究 URL ■

<https://sites.google.com/site/kuniharutakeijp/>

---

## 【研究に関するお問い合わせ】

大阪府立大学 工学研究科 助教 竹井 邦晴

TEL 072-254-9497 Eメール takei@pe.osakafu-u.ac.jp