

無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサを開発
—糸のみを用いて1回で編みあげることが可能なタッチ/圧力センサー—

1. 発表者：

石井佑弥（京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授）
Yu Annie（京都工芸繊維大学 繊維学系 助教）

2. 発表のポイント：

- ◆ ヒトのタッチや圧力印加をセンシングする無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサを開発
- ◆ 糸（導電性糸と絶縁性糸）のみを用いて1回で編みあげることが可能なテキスタイル型圧力センサ
- ◆ 全体が糸だけで出来ているため、肌触りが良好であり、軽量かつ通気性に優れ、洗濯可能
- ◆ 環境中に常時放散されている電磁波を利用しているため無給電のセンシングが可能
- ◆ 電気自動車や自動運転車などのハンドル用のタッチ/圧力センサなどへの活用が期待される

3. 発表概要：

京都工芸繊維大学繊維学系の石井佑弥准教授とYu Annie助教らは、無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサを新たに開発しました。当該センサは、糸（導電性糸と絶縁性糸）のみを用いて1回で編みあげることが可能です。また、全体が糸だけで出来ているため、肌触りが良好であり、軽量かつ通気性に優れ洗濯可能です。当該センサは、例えば電気自動車や自動運転車などのハンドル用のタッチ/圧力センサなどへの活用が期待されます。タッチセンシングと圧力センシングには、環境中に常時放散されている電磁波を利用しているため無給電のセンシングが可能です。

4. 発表内容：

研究の背景

近年、自動運転システムが活発に開発され、部分的な自動運転が可能になりつつありますが、現状ではドライバーの介在が必要です。このような場合、ドライバーがハンドルを握ったか握らないかを検知するハンズオン/オフ検知は重要であり、この検知にはセンサが欠かせません。これまでに、赤外線センサ方式やピエゾ抵抗方式、静電容量方式などの各種方式のハンズオン/オフ検知用のセンサが開発されました。しかし、赤外線センサ方式はハンドルを握る圧力を検出することは困難でした。また、ピエゾ抵抗方式と静電容量方式は、検出のために外部電源からの電力供給が必要であり、さらにこの電力供給は入力と出力の両方の処理を要するためシステムが複雑になる課題がありました。

他方で無給電動作可能なタッチ/圧力センサも開発されてきました。特にスペーサーファブリック^(注1)型の当該センサは、通気性に優れ、軽量かつ柔軟、クッション性があり、肌触りも良いため、ヒトと接するハンドル用のハンズオン/オフ検知センサなどの応用展開に好適であると考えられます。また、洗濯可能な糸で作製すれば洗濯も可能です。ヒトとの接触点では皮脂などが付着するため、洗濯可能なことは重要ですが、洗濯可能なセンサはあまり多くありません。このような無給電動作可能なスペーサーファブリック型のタッチ/圧力センサとして、例えば圧電繊維を用いた圧電方式や摩擦帯電と静電誘導を用いた摩擦帯電方式が報告されています。しかしこれらの方式は、印加圧力が変化するそのときに電圧を出

力するものの、圧力印加状態であっても圧力が変化しない定常状態では電圧を出力しません。ハンドル用のハンズオン/オフ検知では、このような定常状態も想定されるため、定常状態でもタッチ/圧力センシングが可能なセンサが求められます。

このような状況のなか、京都工芸繊維大学の石井佑弥准教授と Yu Annie 助教と外村一樹さん(大学院工芸科学研究科博士前期課程先端ファイブ科学専攻)の研究チームは、無給電動作可能であり圧力印加の定常状態も検出可能なスペーサーファブリック型のタッチ/圧力センサを新たに開発しました。当該センサは、糸(導電性糸と絶縁性糸)のみを用いて1回で編みあげることが可能です。また、全体が糸だけで出来ているため、通気性に優れ、軽量かつ柔軟、肌触りが良好であり、洗濯可能です。当該センサは、例えば電気自動車や自動運転車などのハンドル用のタッチ/圧力センサなどへの活用が期待されます。また、タッチセンシングと圧力センシングには、環境中に常時放散されている電磁波を利用しているため無給電のセンシングが可能です。

研究内容

これまでに石井准教授らの研究グループは、糸のみを用いて1回で編みあげることが可能な静電容量方式のスペーサーファブリック型圧力センサを開発してきました[1]。本研究で開発した無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサの構造自体は、この静電容量方式のスペーサーファブリック型圧力センサと同じですが、動作メカニズムが根本的に異なります。図1(a)の左図に、当該タッチ/圧力センサの概説図を示します。ダブルベッドの横編み機により1回で編みあげた5層構造のスペーサーファブリック構造であり、表面および裏面のそれぞれの2層は、編み機の表裏のベッドで編まれる2層の編み構造です。中間層であるスペーサー層のモノフィラメントは、表面および裏面のそれぞれの2層の編み物を接続し、スペースを形成します。絶縁性の綿糸と導電性の銀メッキ糸を、綿糸が銀メッキ糸の前面に出るようにプレーティングすることで、表裏それぞれの最表面に絶縁性糸層が現れ、内側に導電性糸層が現れる5層構造を実現しています。

編みあげた当該タッチ/圧力センサのシートを約20 mm×20 mmのサイズにカットし、特性を評価しました。このサイズの平均重量は約0.50 gと軽量でした。また、用いる糸によって価格は変わりますが、本研究で使用した糸の価格で20 mm×20 mmのサイズ1個あたりの材料費を見積ると、約89円と安価でした。なお、見積った材料費の約99%が導電性糸の材料費であるため、どのような導電性糸を用いるかで材料費は大きく変わります。次に、約20 mm×20 mmのサイズにカットした当該センサを、ダイオードブリッジとキャパシタからなる電気回路[図1(a)右図]に接続し、ヒトの指で当該センサの表面を触れたときと、さらに押し込んだときのキャパシタ両端に生じる電圧を測定しました[図1(b)]。なお、当該センサおよび電気回路には外部電源からの電力供給はありません。この結果、指が非接触の場合には若干の電圧を出力し、指が触れると出力電圧が大きく増加し、さらに押し込むと出力電圧が増加することが分かりました。さらに過度に押し込むと、上下の導電糸層がショートし、出力電圧が0.0 Vとなることも分かりました。すなわち開発したセンサは、外部電源からの無給電状態であるにもかかわらず、出力される直流電圧値の大小によりヒトのタッチと押圧を検出するタッチ/圧力センサとして動作することが示されました。加えて、出力電圧が0.0 Vとなる過度の押し込み状態も検出可能です。

無給電状態でこのような電圧出力が得られた原因として次のようなモデルを考えています。(1)環境中に常時放射されている電磁波(主に商用電源の周波数)により人体内で静電誘導が生じる。(2)この静電誘導がさらにスペーサーファブリックの導電糸層で静電誘導を生じさせる。(3)この導電糸層での静電誘導が、結果として電圧出力として観察される。このモデルを支持するように、屋外では識別可能な電圧出力は見られませんでした。しかし、電気自動車内などの電源と電気製品が多数存在する環境下においては良好に動作するものと考えられます。

開発したタッチ/圧力センサを、単離したハンドルに装着して室内で出力電圧を測定したところ[図 2(a)]、図 1(b)と同様の接触と押し込みに対する出力電圧特性が得られました[図 2(b)]。このため当該センサは、ハンドルに装着した状態での使用も大いに期待されます。次に、ヒトの指による圧力印加では印加圧力値の定量評価が困難であったため、指と接した金属円盤端子を用いた接触と押し込みの定量実験も行いました(図 3)。印加圧力が 40 kPa 程度で、上下の導電糸層がショートし出力電圧が 0.0 V となる過度の押し込み状態の特性が見られますが、スペーサー糸の直径などを変化させることで開発したセンサの硬さや厚みも変化させることができるため、この出力電圧が 0.0 V となる印加圧力値はカスタマイズすることが可能です。

開発したタッチ/圧力センサは、電気自動車や自動運転車のハンドル用などの新しいハンズオン/オフ検知センサとして期待でき、省電力化や検知システムの簡素化、ドライバーの快適性の向上に貢献することも期待されます。

本発表関連の出願特許：

- ・【発明名称】発電部材およびタッチセンサ装置 【出願番号】特願 2021-183160

参考資料：

- [1] 京都工芸繊維大学プレスリリース, 「新構造のテキスタイル型圧力センサを開発 一糸のみを用いて 1 回で編みあげることが可能な 5 層構造の圧力センサー」, 2022 年 8 月 4 日, <https://www.kit.ac.jp/2022/08/news20220804/>

5. 発表雑誌：

雑誌名： Smart Materials and Structures

論文タイトル： Active signal-generating spacer-fabric-type continuous touch/pressure sensor

著者： Kazuki Tonomura, Annie Yu, Yuya Ishii

DOI 番号： 10.1088/1361-665X/acb471

アブストラクト URL： <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-665X/acb471>

6. 用語解説：

(注 1) スペーサーファブリック： ニット生地的一种で、2 枚の表面層をパイル糸でつないだもの。クッション性に優れ、自動車用シートやリュックサック、布団、中敷きなどに使われている。

7. 添付資料：

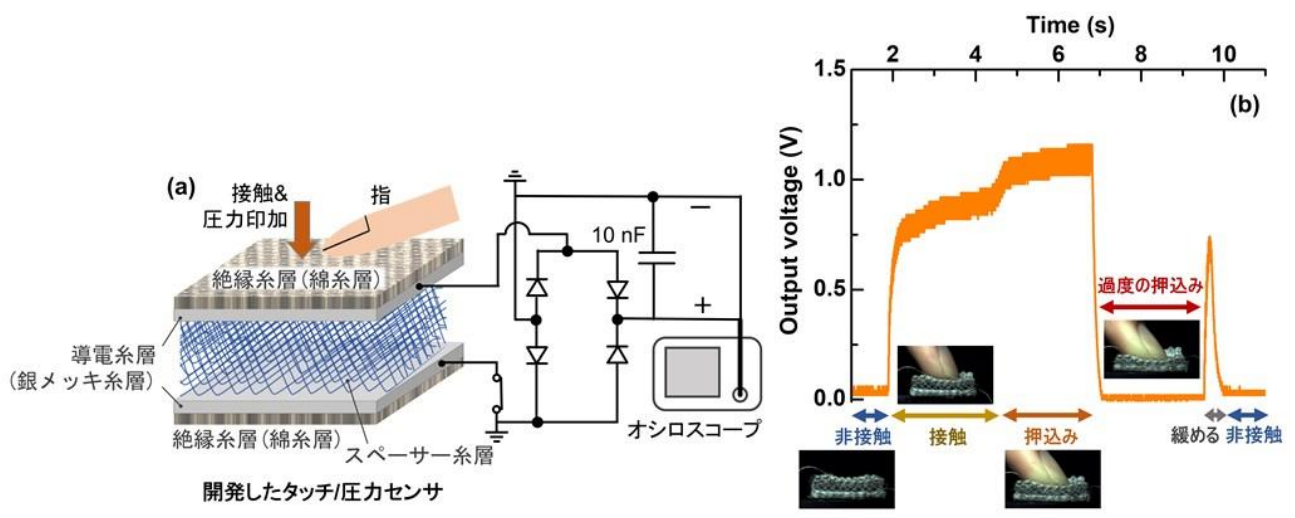


図 1. 開発した無給電動作可能なファブリック型タッチ/圧力センサに指を接触および押込んだときの (a) 出力電圧検出回路と (b) 出力電圧

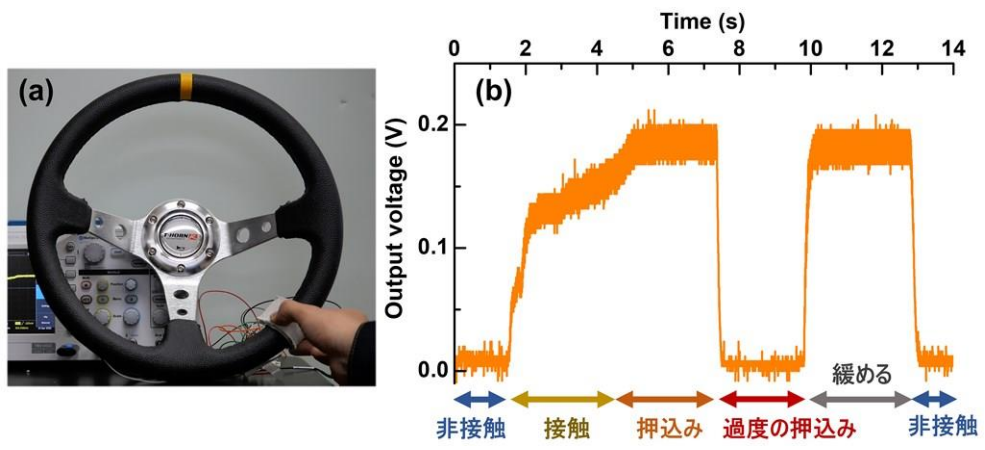


図 2. 開発したファブリック型タッチ/圧力センサをハンドルに装着し、指で接触および押込んだときの (a) 測定の様子と (b) 出力電圧

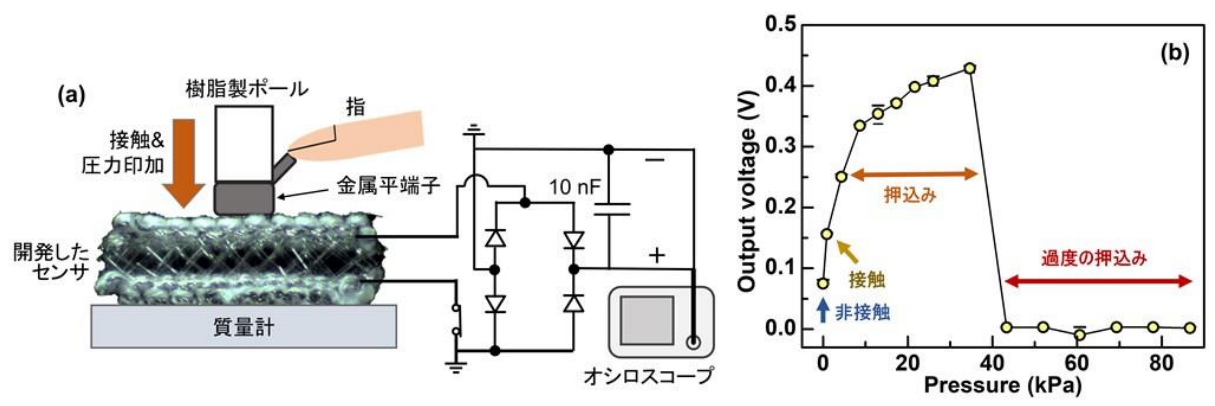


図 3. 印加圧力と出力電圧の関係を定量評価するための (a) 評価系と (b) 出力電圧