

世界最高感度の超柔軟音響センサーの開発に成功
～皮膚に直接貼り付けることで、心音の長期連続計測が可能～

1. 発表者：

Osman Goni Nayeem (東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻博士課程2年生)

李 成薫 (東京大学 大学院工学系研究科 特任助教)

横田 知之 (東京大学 大学院工学系研究科 准教授)

染谷 隆夫 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

理化学研究所 染谷薄膜素子研究室主任研究員

同研究所創発物性科学研究センターチームリーダー兼任)

2. 発表のポイント：

- ◆ 世界最高感度を持つ柔らかい音響センサーを開発し、心音の長期連続計測に成功した。
- ◆ この音響センサーは、柔らかいナノファイバーシート3層からなり、このナノファイバーシートを集積化する技術確立することで実現した。
- ◆ 今後、医療・ヘルスケア分野において、病気や体調不良を早期発見するためのウェアラブルデバイスとして期待される。

3. 発表概要：

東京大学の Osman Goni Nayeem 大学院生、李成薫特任助教、横田知之准教授、染谷隆夫教授らは、柔らかいセンサーとしては世界最高感度の音響センサーを開発しました。この音響センサーは、3層の非常に柔らかいナノファイバーを集積化しているために、通気性があり、皮膚に直に接触させても炎症反応を起こしません。このセンサーは世界最高感度を持ち、皮膚に直接貼り付けた状態で、心音を10時間に渡って安定に計測しました。今後、運動中や日常生活の中で心音をモニタリングすることにより、病気や体調不良を早期に発見することが可能なウェアラブルデバイスへの応用が期待されます。

本研究成果は、2020年3月16日(米国時間)に米国科学誌「アメリカ科学アカデミー紀要」のオンライン版で公開されます。

本成果は、以下の事業・研究プロジェクトによって得られました。

JST 未来社会創造事業 探索加速型(本格研究ACCEL型)

研究開発課題：「スーパーバイオイメジャーの開発(JPMJMI17F1)」

研究代表者：染谷 隆夫(東京大学 大学院工学系研究科 教授)

プログラスマネージャー：松葉 頼重(科学技術振興機構)

研究期間：2017年7月～2022年3月

4. 発表内容：

音響センサーは通信やセキュリティ、医療分野において、非常に重要な役割を担っています。近年のヘルスケア・ウェアラブルセンサーの発展に伴い、フレキシブルな音響センサーの高感度化に関する研究が活発に進められています。特に心音などは、信号が非常に小さく、10～250Hz以下の低周波領域が主な信号であるため、低周波数領域における高感度化が重要となっています。心臓などに障害がある場合、心筋収縮力による血流速度の変化や、弁口の不完全な閉鎖により、周波数と振幅にわずかな変化が生じます。そのため、心音を長期的にモニタリングすることは疾患などの早期発見につながるために重要性が増しています。

これまでに、ポリフッ化ビニリデン(PVDF、注1)のナノファイバーと穴がある基板を組み合わせた構造や、非常に微細な穴を空けた紙を基板に用いたポーラス構造などにより、低周波領域において高感度化が報告されていました。また、PVDFのシートをゴム基板で挟んだ構造を用いることで、皮膚に貼り付けて心拍を計測することが可能なセンサーが報告されていました。

ところが、微小な心音の信号を測定するための、低周波領域において高感度を有しかつ長期的に計測できるような柔らかい音響センサーはこれまでに報告がありませんでした。その理由は、柔らかい薄型のセンサーでは、感度を高めるために立体的な構造にすることや、センサーの薄さを維持しながら微細な穴をあける加工が困難であったためです。さらに、音響センサーが薄くなると、同じ入力信号に対してよりセンサーの変形が大きくなるため、電氣的な機能を維持する耐久性も課題でした。

我々は、電界紡糸法(注2)によって形成したナノファイバーシートを積層し、非常に柔らかいナノメッシュ音響センサーを開発しました(図1)。ナノメッシュセンサーは、2層の電極シートで圧電材料であるPVDFのナノファイバーシートを挟むことで形成されています。このセンサーは、ナノファイバー構造を用いることで、500Hz以下の低周波数領域において、 10000 mV Pa^{-1} を超える世界最高感度と柔らかさを同時に実現しています。これは、非常に柔らかいナノファイバー構造のPVDF層が、上下に動くことで電極シートとPVDF層が接触し、信号が発生するためです。

このナノメッシュ音響センサーを皮膚に直接貼りつけることで、心音の計測が可能になります。さらに、柔らかいセンサーは皮膚に密着するため、10時間連続して心音を安定に計測することに成功しました(図2)。

今回開発した音響センサーは、ナノファイバーを用いているため、通気性があり、柔らかいために、長期的に皮膚に貼り付けることができます。そのため、日常生活の中で負担なく生体情報(心音)を計測することや、自然な運動の動きを妨げることなく生体情報(心音)を正確に計測し解析できるようになります。

本研究成果は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)未来社会創造事業探索加速型(本格研究ACCEL型)(JPMJMI17F1)の支援を得て進められました。

5. 発表雑誌：

雑誌名：「Proceedings of the national academy of sciences」(3月16日、オンライン版)

論文タイトル：All-nanofiber-based, ultra-sensitive, gas-permeable mechano-

acoustic sensors for continuous long-term heart monitoring

著者 : Md Osman Goni Nayeem, Sunghoon Lee, Hanbit Jin, Naoji Matsuhisa, Hiroaki Jinno, Akihito Miyamoto, Tomoyuki Yokota, and Takao Someya

This article contains supporting information online at

DOI 番号 : doi:10.1073/pnas.1920911117

6. 問い合わせ先 :

<研究に関すること>

東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻

教授 染谷 隆夫 (そめや たかお)

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

<報道担当>

東京大学 大学院工学系研究科 広報室

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

7. 用語解説 :

(注1) ポリフッ化ビニリデン (PVDF)
圧電特性を持つポリマー材料。

(注2) 電界紡糸法 (エレクトロスピンニング法)
溶解した材料から紡糸する手法。細く尖ったノズルに高電圧をかけて液状の材料を噴出させることによって、直径がナノ寸法のファイバーを作ることができる。

8. 添付資料：

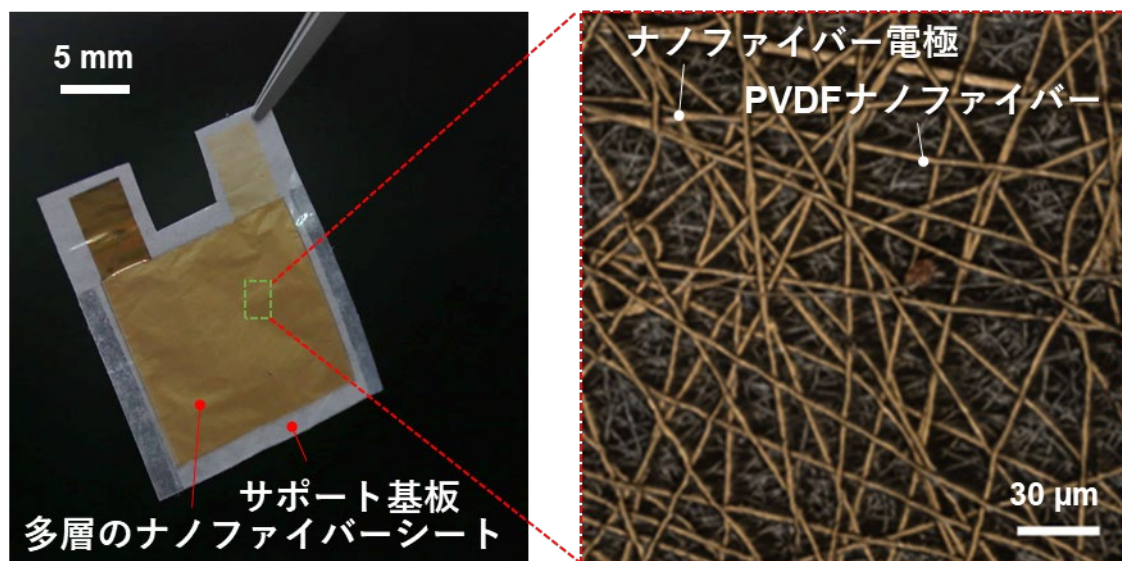


図1 開発した柔らかい音響センサーの写真。ナノファイバーを用いているために通気性がある。

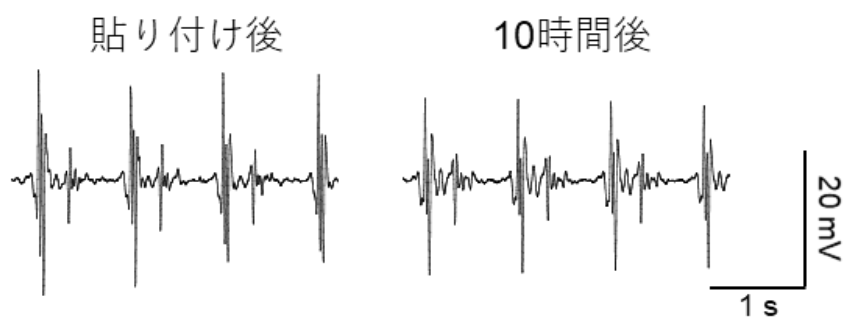


図2 開発した音響センサーを用いて測定した心音波形。10 時間後でも波形を計測することができる。