

スマートグラスで無意識下に呼吸、心拍数、血圧変動の常時管理に成功

～遠隔診断・遠隔見守りへの貢献に期待～

ポイント

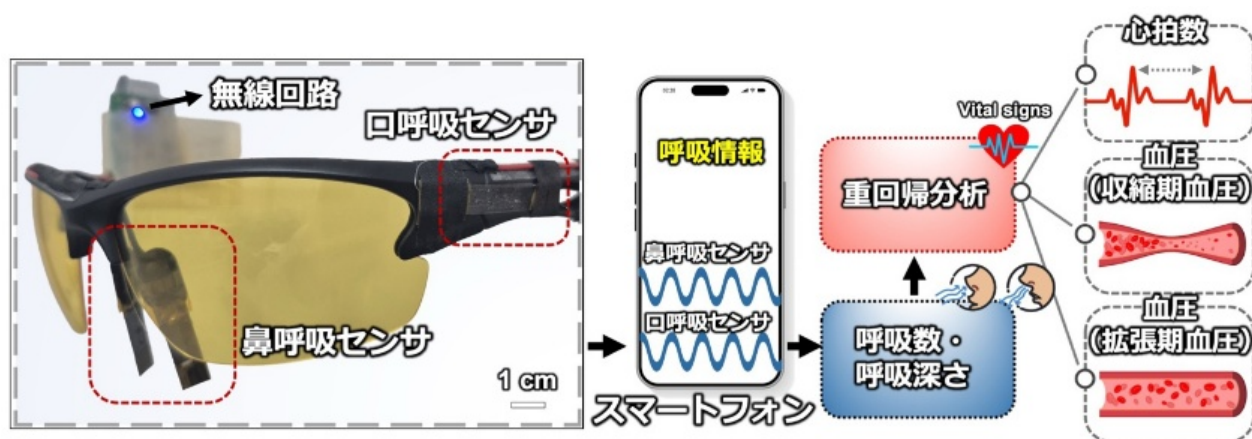
- ・眼鏡の鼻パッドに超高感度歪みセンサを搭載することで無意識下での呼吸情報計測が可能に。
- ・呼吸情報から診断に重要な三大バイタル（心拍数、最高・最小血圧）の変動計測を実現。
- ・災害地でのトリアージを含む遠隔診断や遠隔見守りへの応用に期待。

概要

北海道大学大学院情報科学研究院の竹井邦晴教授、イ・ドフン博士研究員、同大学大学院情報科学院博士後期課程の清宮徳人氏の研究グループは、健康状態の把握に重要な五大バイタルサインのうち、「呼吸」「心拍変動」「血圧変動」の三項目を、ほぼ無意識の状態でも常時・連続計測できるスマートグラス（ウェアラブルセンサデバイス）を開発しました。本研究では、超高感度なフレキシブル歪みセンサを新たに開発し、眼鏡の鼻パッドに搭載することで、呼吸に伴って生じる鼻表面の目では捉えられない微小な変形を高精度に検出し、呼吸情報を抽出することに成功しました。さらに、被験者がこのスマートグラスを装着するだけで、呼吸数や呼吸の深さを安定して連続計測し、その情報を基に心拍数及び血圧（収縮期・拡張期）の変動を常時モニタリングできるシステムを初めて実現しました。本システムは、複雑な機械学習を用いることなく、呼吸情報と循環器情報の相関関係を利用した重回帰解析によって心拍数や血圧変動を推定するため、計算不可が小さく、低消費電力で動作することが大きな特徴です。

診断に重要な三つのバイタルサインを、眼鏡をかけるだけで常時計測できる本技術は、高齢化社会における見守りや独居高齢者の健康管理、医療資源の地域格差の解消、さらに災害現場でのトリアージなど、遠隔医療・遠隔モニタリングを支える基盤技術として大きく貢献することが期待できます。

なお、本研究成果は、2026年8月14日（金）公開のDevice誌にオンライン掲載されました。



開発したスマートグラスとその解析（呼吸数・深さ、心拍数・血圧変動）システムの写真とイメージ図

【背景】

高齢化社会の進展に伴い、循環器疾患や呼吸器疾患の早期発見と長期的な健康管理の重要性がますます高まっています。しかし、血圧や心電図などのバイタルサインの計測は、現在でも比較的大型の医療機器や時計型ウェアラブルデバイスに依存しており、日常生活の中で、無意識かつ長時間にわたり複数のバイタルを同時に計測することは依然として困難です。

特に血圧は、医師が診断時に重視する五大バイタルサイン（血圧、体温、心拍数、呼吸数、血中酸素飽和度）の一つですが、日常生活下で無意識に連続計測できるウェアラブル機器は実用化されていません。現在市販されているスマートウォッチの一部には血圧測定機能が搭載されていますが、測定時には腕や姿勢を一定に保つなどの操作が必要であり、自然な日常生活の中で連続的に計測することはできていません。

そこで本研究では、これらの課題を解決するため、多くの人が日常的に使用する眼鏡に着目しました。社会の受容性の高い眼鏡をプラットフォームとすることで、装着時の違和感や負担を最小限に抑えながら、呼吸数、呼吸深度、心拍数、さらに血圧変動を連続的にモニタリングできるスマートグラスを開発しました。将来的には、耳周辺での体温計測や血中酸素飽和度計測も組み合わせることで、眼鏡やサングラスを普段どおり装着するだけで五大バイタルサインを常時計測できるウェアラブルヘルスケアシステムへの発展を目指しています。本技術は、病気の早期発見や遠隔診断、高齢者の見守り、さらには災害時の健康管理などを支える次世代医療基盤として、健康で安全・安心な社会の実現に大きく貢献することが期待されます。

【研究手法】

本研究では下記の項目について研究開発を行いました。

(1) 呼吸に応じた鼻表面の極微小な動きを捉えるため、機械的に柔らかいフィルム型の超高感度歪みセンサを開発（図 1・2）。

(2) 上記、柔らかいフレキシブルセンサに無線システムを搭載させ、これらを市販のサングラスに搭載したスマートグラスを開発（図 3）。

(3) 得られた呼吸情報（呼吸数と呼吸の深さ）から心拍数・血圧（最高、最小値）変動の相関関係の抽出とその簡易解析アルゴリズムの開発（図 4・5）。

(4) 呼吸数、心拍数、血圧（最高、最小値）変動を常時、連続計測する実証試験により、本スマートグラスの有用性確認（図 6）。

【研究成果】

上記の (1) ～ (4) について、それぞれ以下の研究成果が得られました。

(1) 超高感度歪みセンサの開発

独自の材料設計と作製プロセスにより、カーボン薄膜とレーザー誘起グラフェン（LIG）の積層構造により極めて高い感度を持つフレキシブル歪みセンサを開発しました（図 1）。この LIG/カーボン複合層により 1.5% という小さな歪みに対して約 14,500 という極めて高いゲージファクターを達成しました（図 2）。

(2) スマートグラスの開発

(1) で開発した超高感度歪みセンサを、眼鏡の鼻パッドとヒンジ（つるとフレームの接続部）に搭載することで鼻呼吸と口呼吸を常時計測可能なスマートグラスを開発しました（図 3）。取得した呼吸データは、低消費電力無線通信規格である Bluetooth Low Energy（BLE）を用いてスマートフォンへ

リアルタイムに送信できるようにしました。本スマートグラスの最大の特徴は、センサを皮膚に貼り付ける必要がなく、外観に影響をほぼ与えることなく、眼鏡をかけるだけで自然に生体情報を取得できることです。

(3) 呼吸情報を用いた心拍数・血圧変動推定アルゴリズムの開発

開発したスマートグラスで取得した呼吸情報（呼吸数と呼吸深さ）（図 4）から、心拍数及び血圧（収縮期・拡張期）の変動をリアルタイムに推定する解析アルゴリズムを開発しました（図 5）。本手法は、複雑な AI や機械学習を用いることなく、重回帰解析というシンプルかつ計算量の少ない解析で心拍数と血圧変動を連続的に推定できる、ウェアラブルデバイスへの実装に適したアルゴリズムとなっています。

(4) スマートグラスによる実証試験

(3) で得られた重回帰解析モデルを用いて、学習に使用していない被験者に対しても、心拍数及び血圧変動を安定して推定できることを確認しました。さらに、オフィスでのパソコン作業、休憩、運動など、様々な日常生活シーンで評価を行ったところ、いずれの環境においても呼吸、心拍変動、血圧変動を安定して連続計測できました（図 6）。

【今後への期待】

本研究成果を実用化へと発展させるためには、さらに多くの被験者を対象とした実証試験や医学的な検証が必要ですが、本成果はスマートグラスを用いた未病の早期発見、遠隔診療、遠隔見守り、災害時のトリアージを実現するための第一歩となる重要な成果です。今後は、今回実現した呼吸、心拍変動、血圧変動の計測に加え、体温や血中酸素飽和度を同時に計測できるセンサをスマートグラスへ集積し、五大バイタルサインを常時・連続計測できる世界初のスマートグラスの実現及び病院での実証試験を推進します。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (JP22H00594、JP24H00887、JP26H02594)、JST ALCA-Next (JPMJAN23F1)、公益財団法人村田学術振興・教育財団、公益財団法人三菱財団、公益財団法人 JKA の助成を受けたものです。

論文情報

論文名	Eyeglass-type continuous monitoring of respiration and cardiovascular trends using ultrahigh-sensitivity strain sensors（超高感度歪みセンサを用いた眼鏡型呼吸・心血管系変動の連続モニタリング）
著者名	Do Hoon Lee ¹ 、清宮徳人 ² 、竹井邦晴 ¹ （ ¹ 北海道大学大学院情報科学研究院、 ² 北海道大学大学院情報科学院）
雑誌名	Device（電子デバイスの専門誌）
D O I	10.1016/j.device.2026.101273
公表日	2026 年 8 月 14 日（金）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院情報科学研究院 教授 竹井邦晴（たけいくにはる）

T E L 011-706-6794 F A X 011-706-6794 メール takei@ist.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.ist.hokudai.ac.jp/labo/nano/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

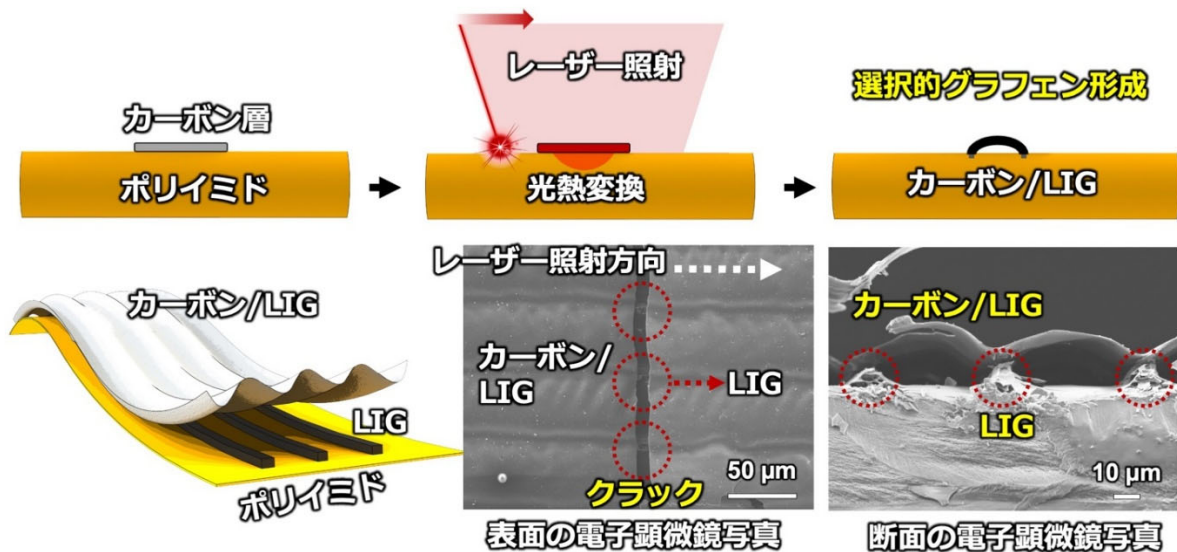


図 1. 呼吸に応じた微小変化を計測する超高感度歪みセンサの作製プロセスとそれにより形成されたカーボン/LIG 構造とそのクラック形成。

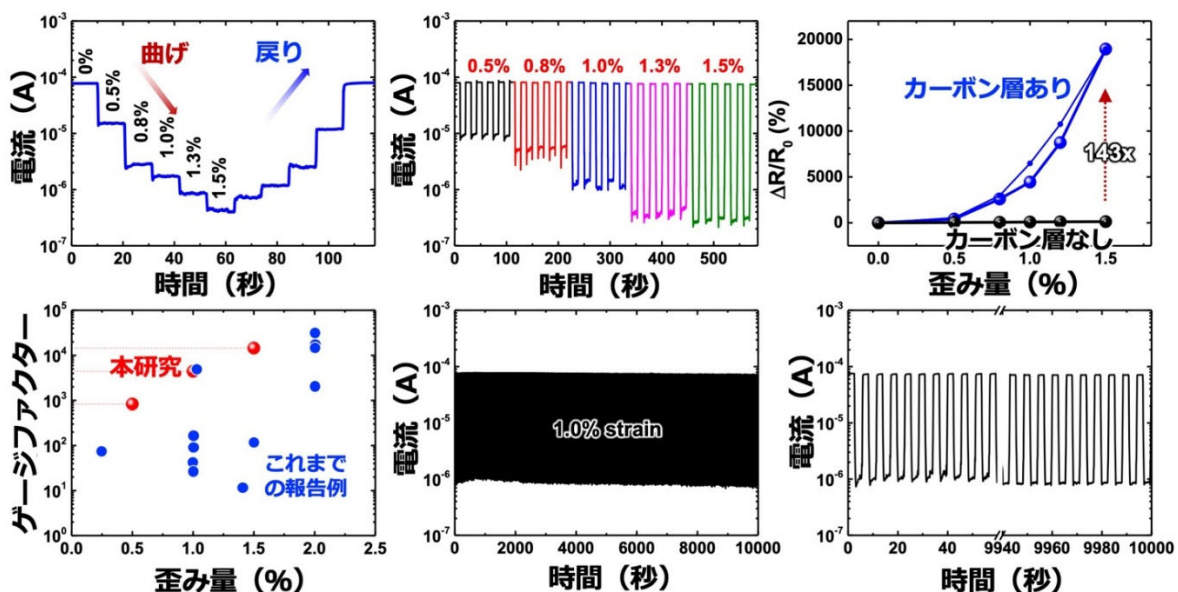


図 2. 超高感度歪みセンサの歪み印加に対するセンサ出力の変化と従来の LIG（カーボン層なし）及びフレキシブル歪みの特性とゲージファクターの比較。



図 3. 開発した呼吸数、呼吸深度、血圧・心拍変動を無線計測可能なスマートグラス。

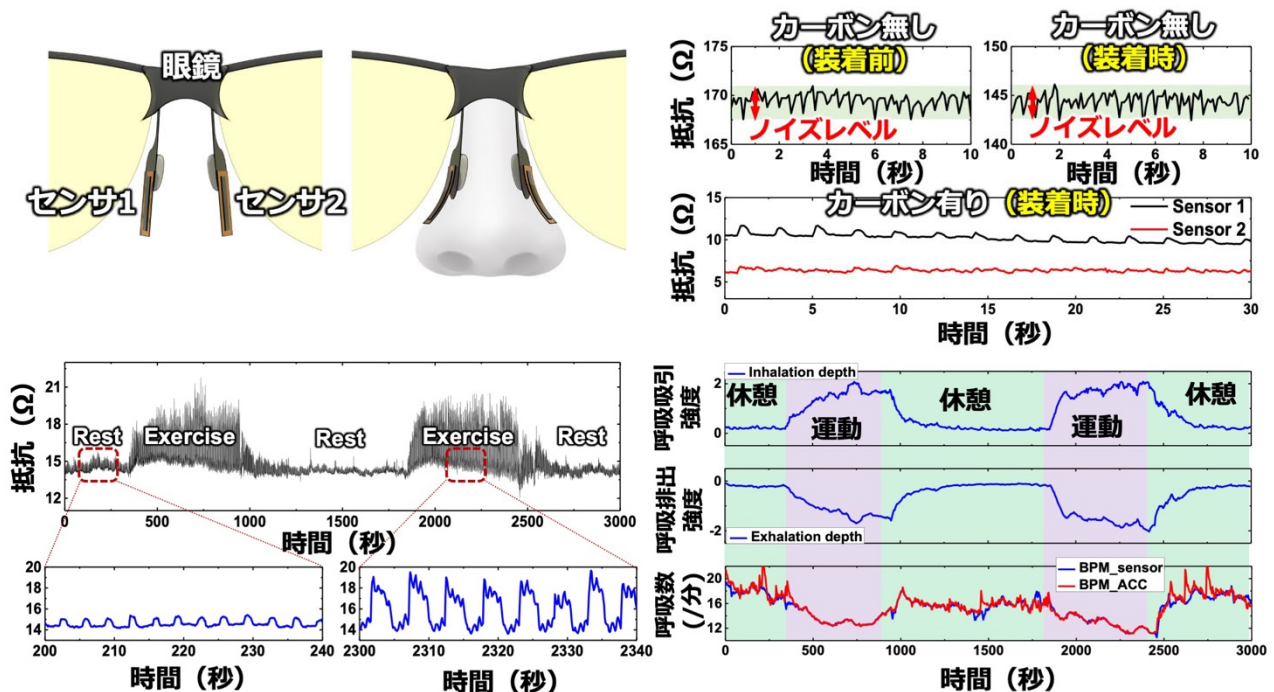


図 4. 鼻呼吸センサにおけるカーボン層の有無における呼吸計測の結果。カーボン層なしは呼吸に対応するピークは見られず、ノイズレベルの波形のみが観測された。休憩時及び運動時のセンサ出力の結果と呼吸数の抽出結果を示している。加速度センサ (ACC) を用いて腹部の動きから計測した呼吸数と、本センサ出力 (BPM_sensor) の値はほぼ一致している。

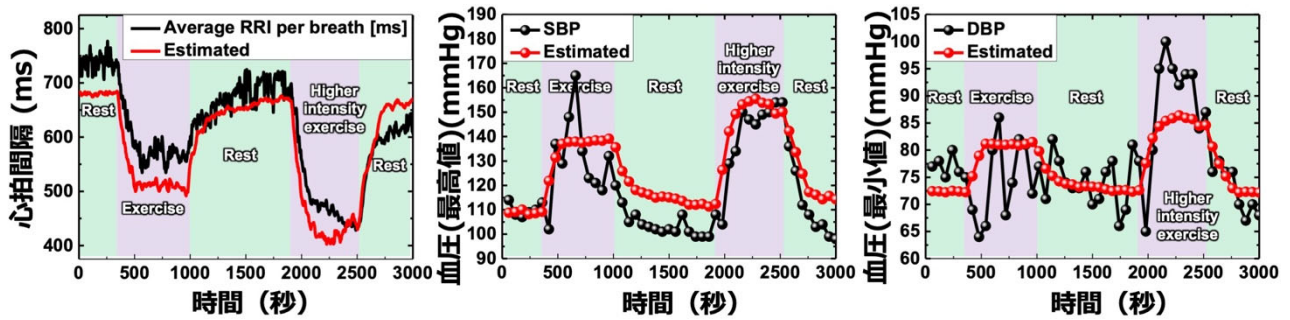


図 5. 呼吸数と呼吸深度の重回帰解析により予測した心拍間隔、血圧（最高値）、血圧（最小値）の予測結果と、比較用として従来のセンサや機器で計測したそれぞれのバイタル結果。

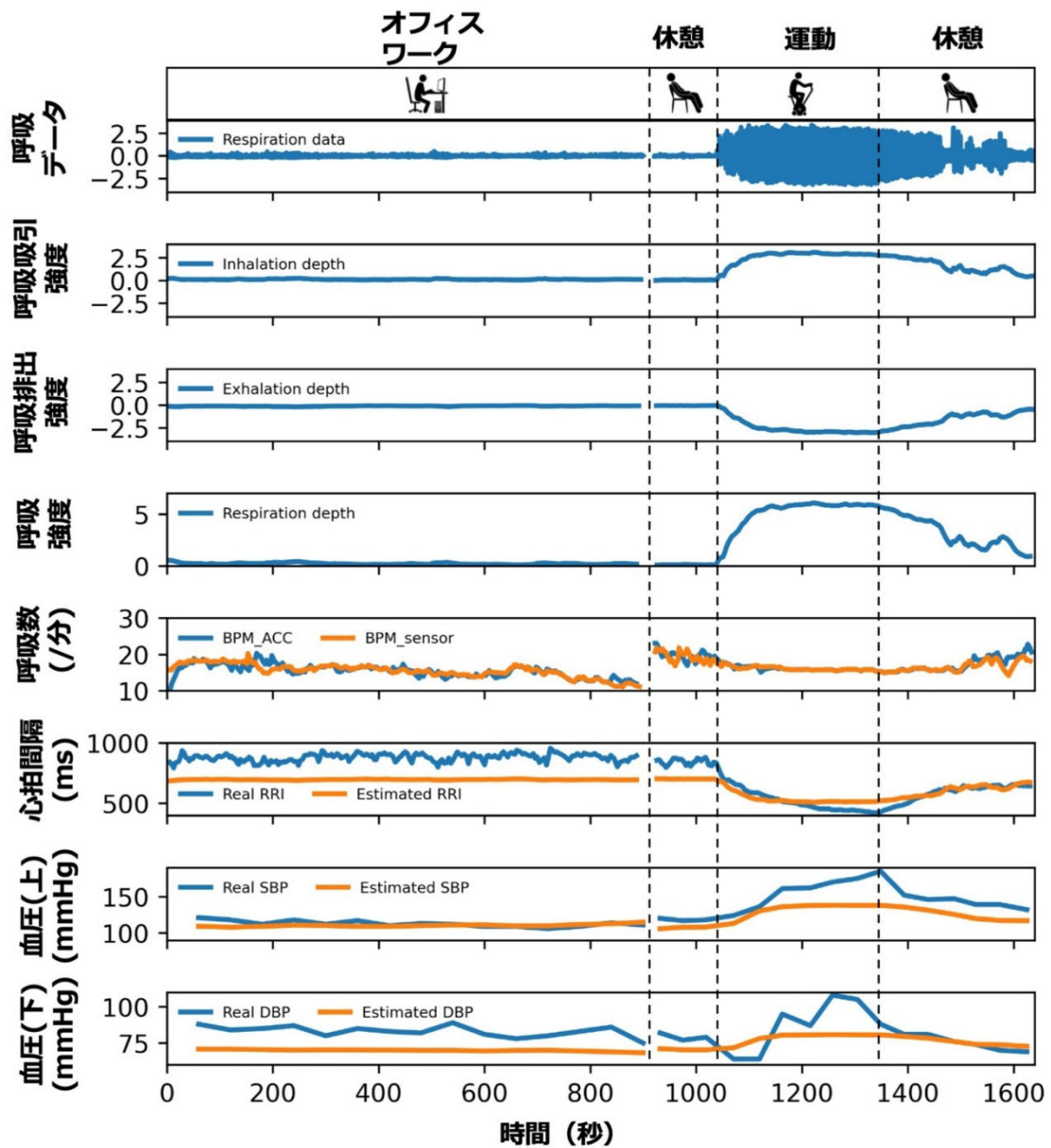


図 6. スマートグラスを装着し、オフィス作業、運動、休憩時の予測した常時、連続バイタル（呼吸数、呼吸深度、心拍間隔、血圧（最高値）、血圧（最小値））の計測結果。