

# 圧電センサを用いた自動車運転者用の 非拘束生体信号取得方式の研究

上野 仁

第一工科大学 東京上野キャンパス 〒110-0005 東京都台東区上野 7-7-4

h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

## Research on Vital Signal Acquisition System for Car Drivers Using Piezoelectric Sensor

Hitoshi Ueno

Tokyo-Ueno Campus, Daiichi Institute of Technology, 7-7-4, Ueno, Taito-ku, Tokyo, 110-0005  
h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

**Abstract:** This report is a study on how to monitor the health of bus drivers. We have been studying how to monitor the health of the elderly living alone in their homes. The method has been achieved by installing a piezoelectric sensor in the house, acquiring the signal when the elderly is on the piezoelectric sensor, and calculating the heart rate and respiratory rate. The feature of this method is that biological signals can be obtained without restraint. This time, I decided to take advantage of this research and study a method to measure the health condition of a car driver without restraint. In the acquisition of experimental data, the biological signal of the driver when the bus was running was acquired with the cooperation of the bus company. As a result, it was found that although there remains a problem in acquiring biological signals while driving with a lot of vibration, it can be acquired and can play a certain role while the bus is temporarily stopped.

**Keywords:** Piezoelectric Sensors, Bus Driver, Health Monitoring System, Respiration Rate, Heart Rate.

### 1. はじめに

日本では高齢社会が進んでいるが健康な高齢者が多く、社会における様々な場所で高齢者が活動している。一方、高齢者であるだけに一般的には健康状態が心配されることも多い。

当研究室では従来から一人暮らしの高齢者の健康状態を監視することにより孤独死の発生を防ぐことを目的とした高齢者見守りシステムの研究を行ってきた。この研究の考え方は一人で過ごすことが多い自動車の運転手についても同様に適用できると考えている。運転手に突然病気の症状が現れた場合には自動車が社会的な凶器になる場合があり、運転手の健康監視をすることはより重要性が高いとも言える。

高齢者見守りシステムの研究で用いている圧電センサは非常に感度が高く、衣服を着たままで就寝時

の布団の下にセンサを置いた場合でも生体信号を検出することができる。これは健康監視対象者に不快感が無く自然の生活を送る中で生体信号が取得できることが大きな利点である。

そこで圧電センサを用いた生体信号取得システムを自動車運転手に適用することを考える。体にセンサを密着させる必要が無いので、自動車の運転手はセンサを意識することなく運転席について運転ができるし、着席前後にセンサの着脱といった煩雑な作業をする必要が無いという利点がある。

しかしながら、圧電センサにより検出する生体信号は非常に微小なので自動車のエンジンによる振動や路面の凹凸による振動の影響を大きく受けて生体信号が取得できない可能性がある。したがって自動車の振動信号と微小な生体信号の振動が複合してい

る信号の中から生体信号を分離する方法を検討する必要があり、これが本研究の目的である。

## 2. 自動車運転手の生体信号取得の課題

自動車運転手の健康状態監視は従来から交通安全のための重要課題となっているので、以下に示すように種々の方法が提案され実用化されている製品もある。

### (1) 非拘束センサによる監視

運転中のハンドル操作を監視し、通常の状態でなければ運転者に警告メッセージを発する方法がある。また、運転中シートに座っている姿勢をカメラ画像や圧力センサで監視して、うつむき状態になった場合には異常として警告する方法がある。さらに、運転手の目の動きをカメラで追跡することにより眠気をもよおしていないかを監視する方法がある。これらの方法は運転手にセンサを装着する必要がないので運転業務に煩雑さや不快感を生じる可能性はないが、生体信号を直接取得できるわけではないので、体の異常の有無について正確には判定ができない。

### (2) 拘束型センサによる監視

運転手にスマートウォッチのように生体信号を計測する機能を持つウェアラブルデバイスを装着してもらい、生体信号を取得する方法がある。また、携帯型のホルター心電計を装着して異常を検出する方法も提案されている。

上記に示した従来の方法はいずれも問題がある。

(1)のタイプの非拘束センサは生体信号を取得できないので真の意味での体調の不調を検出できない。

(2)のタイプの拘束型センサは生体信号を直接取得できるので正確な体調判定が可能となるが、運転手は運転席に着く前後でセンサを体に装着しなければならず、煩雑になる。

以上の状況から、圧電センサにより非拘束で生体信号を取得する方法であれば、自動車運転手の体調を監視する際の上記課題が解決できる可能性が高い。

## 3. 自動車運転手見守りセンサの検討

従来から当研究室で研究中の一人暮らしの高齢者見守りシステムでは、自宅にいる高齢者を前提としていたので、1枚の圧電センサの上に体の一部でも載っていればそのセンサから信号分析ができる。自宅内であれば生体信号に対してノイズとなるような外部振動はほとんど無く単純に圧電センサによって得られた信号を増幅してフィルタリングなどの処理を行えば心拍数や呼吸数のデータが得られる。

このセンサの仕組みを自動車に応用するためには、自動車の振動の影響を排除する仕組みを考える必要がある。そこで我々はセンサシートを2枚用いて1枚を自動車の環境振動+生体信号用センサ、もう1枚を自動車の環境振動センサとして使い、両者の差をとって微弱な生体信号を計算することにした。いわゆる「ノイズキャンセリング方式」である。

図1に示すように運転席に圧電センサシートを2枚重ねて配置し、2枚のセンサシートの上に人体振動吸収用のクッションを置く。人体振動はセンサの

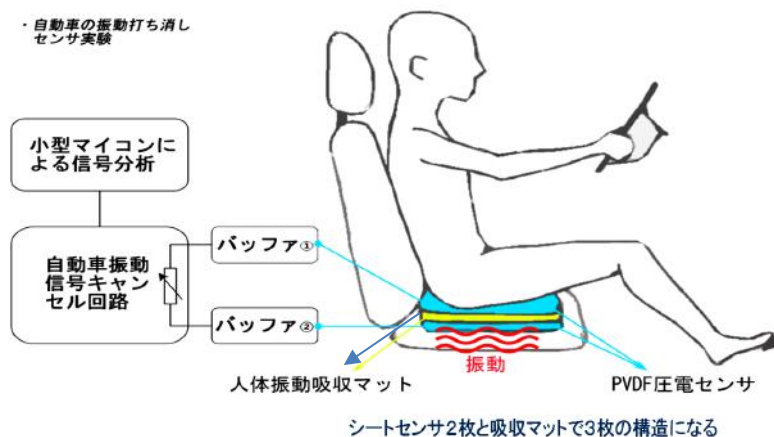


図1 ノイズキャンセリング方式による自動車運転手の生体信号測定方法

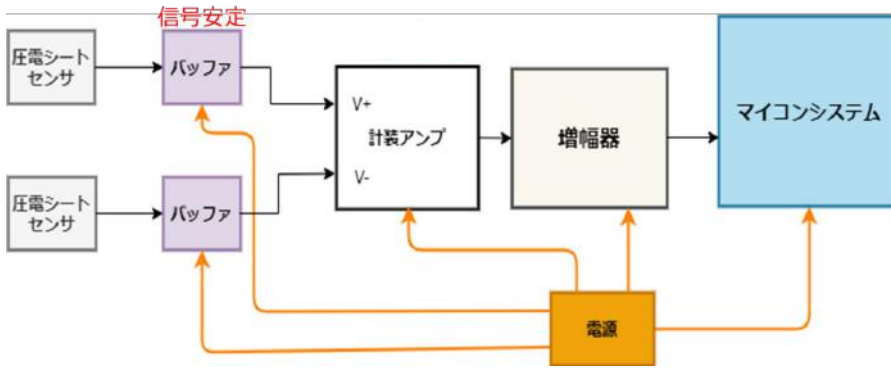


図2 測定装置ブロック図（左）と実装写真（右）



上で発生するが微弱なのでクッションで吸収され下側の圧電センサには到達しないという考え方である。自動車の振動は下側から発生するので下側の圧電センサで強く検出され、上側のセンサで弱くなった振動として検出される。したがって、上側のセンサでは「人体振動+自動車の振動」が検出できるが下側のセンサでは「自動車の振動」のみが検出できることになり、両者の信号強度を適切に調整して差を取れば人体振動だけが残ると考えられる。

#### 4. 測定装置の製作

圧電センサの信号を2個分同時に取得する測定装置を製作した。(図2)

2枚のセンサ信号はローパスフィルタを含むバッファ回路を通して計装アンプに接続する。軽装アンプでは2枚のシートの信号の増幅率を調整することにより、自動車の振動信号に相当する大信号をキャンセルするように信号の引き算を実行する。大信号のキャンセル処理を行った後の信号をマイコンのA/Dコンバータ端子に接続し、マイコン内で信号記録を実行する。

#### 5. 乗用車による測定

前節に示した測定装置をハイブリッド車に搭載して測定試験をした結果を図3に示す。自動車走行中の振動は十分削減されているとは言えないが一時停止の時間帯では呼吸数、心拍数を取得できる程度に十分安定した測定信号を得ている。

本装置では走行中の運転手の生体信号が取得できるとは言えないが、一時停止中の信号は取れることが確認できたのである程度健康管理が可能であると判断し、次の段階として公共性が高いバスの運転手の健康管理を目的とした実験を行うことにした。

#### 6. バスによる測定

本研究では鹿児島県の南国交通株式会社殿に測定環境の提供の協力をいただいた。

測定条件は以下の通りである。

- (1) センサ間にハチの巣型ジェルクッションを挿入
- (2) センサ間に低反発ウレタンクッションを挿入
- (3) センサ間のクッションなし

また、圧電センサも2種類のものを使用して比較することにした。

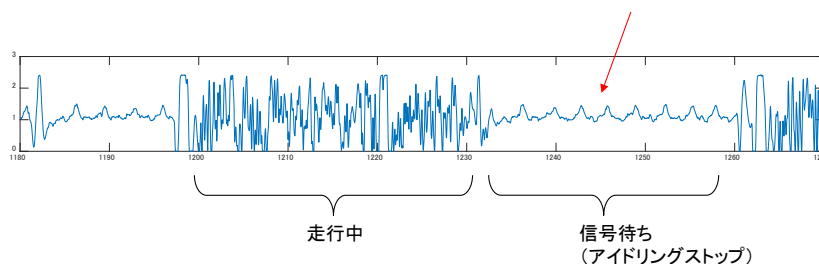


図3 乗用車による測定結果

(1) 大センサ : 30cm×30cm

(2) 小センサ : 11cm×20cm

それぞれの条件において走行試験をした結果を図4に示す。A・Bは合わせて一回の走行で得た信号で

あるが、走行中一時的に配線が外れて信号が取れていない時間があるため二つに分けて表示している。

C～Gはそれぞれ1回の走行実験の信号を表している。

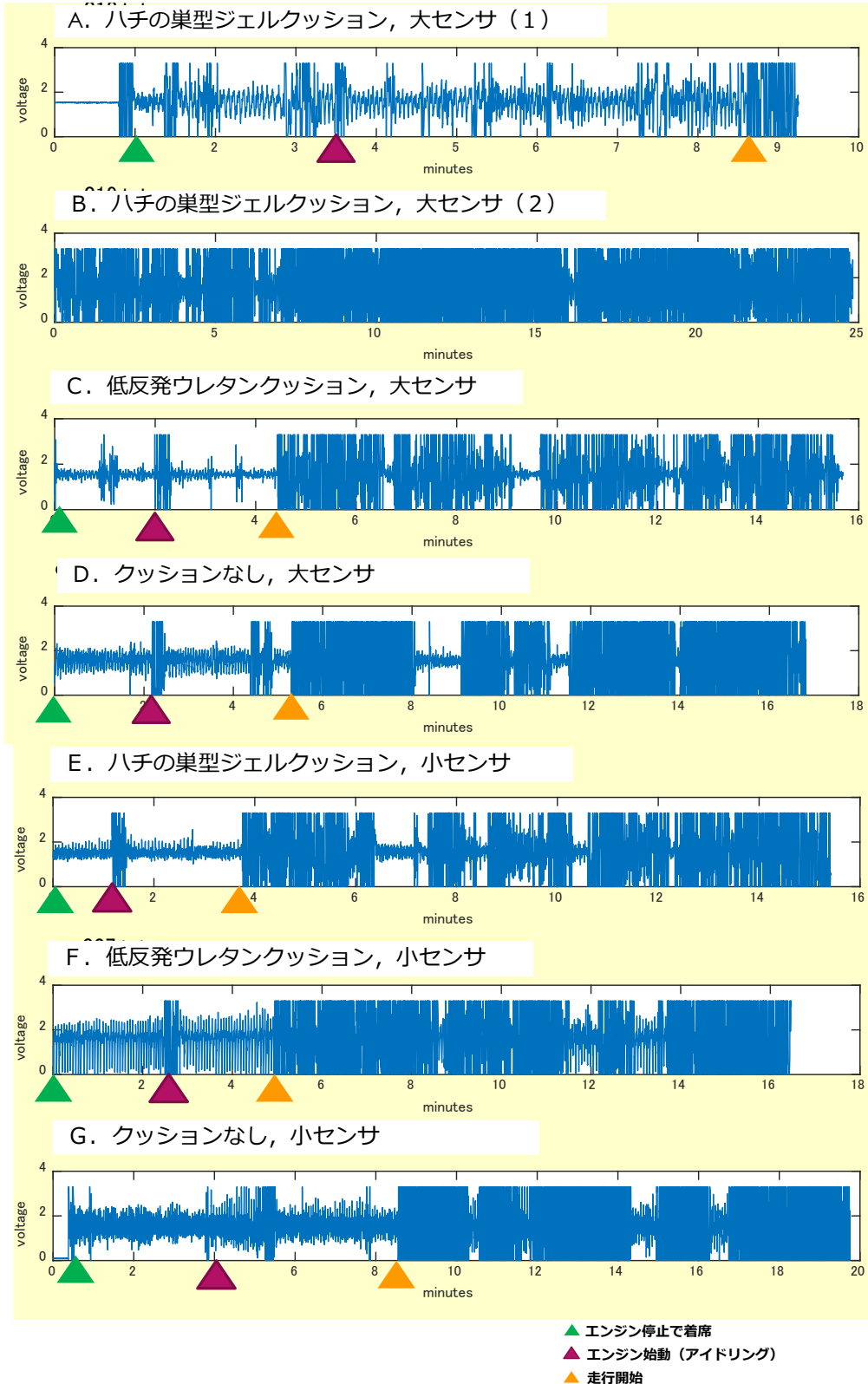


図4 バスによる測定結果

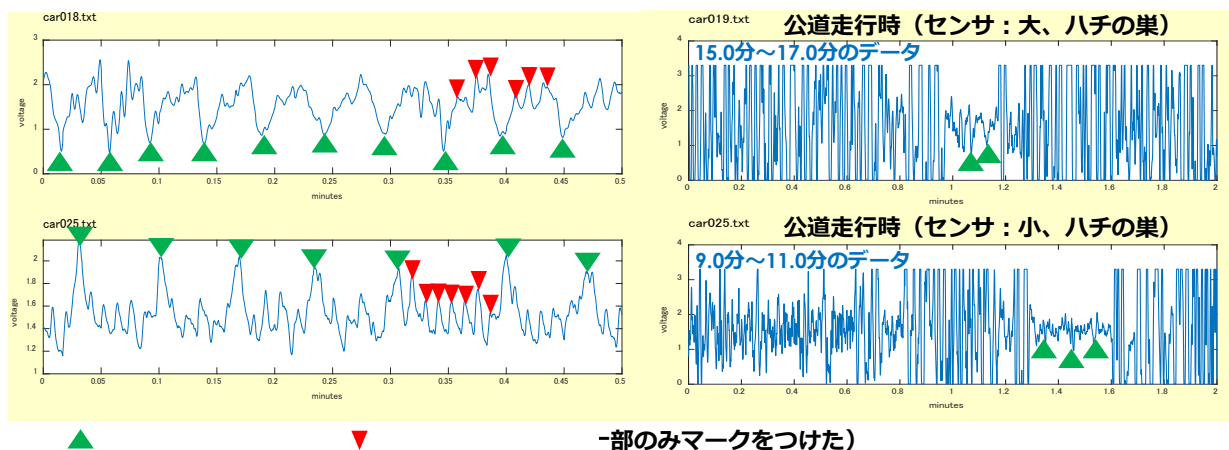


図5 バスによる測定結果の一部拡大図

各図の横軸は乗車・走行の経過時間を分で表し縦軸はセンサから得られた信号の電圧 (V) を示す。また、図の緑色の△印はエンジン停止状態で運転手が着席した時刻、紫色の△印はエンジンを始動した時刻、橙色の△印は一般道の走行を開始した時刻を示す。

生体信号の取得状況としては、各センサ構成ともエンジン停止、エンジン始動後の未走行状態では概ね良好な信号が取得できている。未走行状態でも時折信号が大きく振れている時間があるが、これは運転手が運転席上で座り直したり姿勢を変えたりしたときに発生する振動によるものであり一時的である。

走行が始まると多くの時間帯でセンサ信号の電圧値が上下に振りきれれる飽和状態となっており、生体信号の取得はできていない。しかし、走行開始後においても右左折、信号待ちなどの一時停止では短い時間であるが心拍、呼吸の信号が良好に取得できている時間も存在する。

図5にバスによる測定結果の一部拡大図を示す。アイドリング時(図左側2例)には呼吸信号と心拍信号が明確に現れている。走行中の一時停止時(図右側2例)では呼吸信号が現れている。

振動吸収クッションの効果については評価可能なだけの情報を得られなかったと考える。走行パターンによってハチの巣型ジェルクッションの方がセンサ信号の飽和頻度が少ない場合と低反発クッションの方が少ない場合があり、どちらが優位とも言えない

い結果となった。

## 7. まとめ

圧電センサ2枚の信号を同時に取得する測定装置を製作し、一方のセンサを自動車の振動信号用、他方を自動車の振動+生体信号用としてセンサを設置し、自動車の振動信号がノイズであるものとしてノイズキャンセル方式の測定を試みた。

製作した測定装置のノイズキャンセル能力が十分でなく、得られた測定結果では走行中の運転手の生体信号が判別できなかった。

しかしながら、エンジン停止中、エンジン始動後のアイドリング中、走行時の一時停止の場面では呼吸数や心拍数が取得できる見通しがついた。

センサの大きさの違いについては、得られた信号の強度の優劣に違いが無く小型センサでも十分な信号を取得することができることが分かった。運転席のように人間の体の位置が固定される場合には面積が広いセンサを使う必要が無い。今後は小型のセンサを用いて研究を進めていけると考える。

## 8. おわりに

当研究室では高感度の圧電センサを利用して人間の体表面で発生する振動を検出し、信号処理を行って生体信号を計算することにより、社会に有用な機能を開発すべく研究を継続している。

今回の報告では十分な成果が出たとは言えないが

改良の方向性が分かったので、継続して研究を進める方針である。

## 謝辞

本研究の契機は、株式会社リバネス主催の「2021年度鹿児島テックプランター」において南国交通賞を受賞したことにあり、今回のバスの走行実験では南国交通株式会社に積極的な協力をいただいた。ここで両社に感謝する。

## 参考文献

- 1) 上野仁, 鐘ヶ江正巳, "ウェアフリーセンサによる高齢者見守り支援システムの提案と部分試作," 信学技報, MICT2015-39 (2016)
- 2) 板生清, 他 36 名, "ひと見守りテクノロジー," (株)エヌ・ティー・エス (2017)
- 3) 板生清監修, "クラウド時代のヘルスケアモニタリングシステム構築と応用," (株)シーエムシー出版 (2012)
- 4) Hitoshi Ueno, "An Analysis for Characteristics of Bio-signal Abstracted from Piezoelectric Sensor," Proceedings of IEEE TENCON 2018 (Jeju, Korea, 28-31 Oct. 2018) pp.436-440
- 5) Hitoshi Ueno, "A Piezoelectric Sensor Signal Analysis Method for Identifying Persons Groups," Sensors 2019, 19, 733.