

面圧センサを用いたドライバの呼吸計測

日大生産工(院) ○飯田 就 日大生産工 栗谷川 幸代 景山 一郎
元大阪工業大・工 安田 翔太 大阪工業大・工 小林 裕之 大須賀 美恵子

1 まえがき

現在, 運転中の安全性や快適性の向上を目的とした様々な運転支援システムの開発が進められている. 近年では, ドライバの生理心理状態に応じて適切な運転支援を行うといった高度な運転支援の方策も検討され始めた.

そこで, ドライバの状態を時々刻々観察する方法の一つとして, ドライブレコーダにドライバの生体信号を検出する装置を組み込み, ドライバのヒヤリ・ハット場面をリアルタイムに検出して運転の状態および求める支援方法に関する意見を収集し, データベースを構築する研究などが行われている¹⁾. しかし, これらの研究はドライバの体にセンサの貼付や装着を行って生体信号を計測する必要があるため, ドライバに多少の拘束や負担を強いることから本研究ではドライバを拘束せずに低負担で生体信号の計測を可能とするセンサを開発することを目的とした.

2 呼吸運動を検出する意義

本研究では, 生体信号として随意的および不随意的の二つの側面を持つ呼吸運動に着目している²⁾. 例えば呼吸運動は, リラックスしていると深くゆっくりとした呼吸になり, 一方で精神作業負担を感じると速く浅くなることが多いとの報告がある. また, 作業の開始時や注意集中時には, 一時的に息こらえが起これとの報告もある. これらは呼吸活動の測定および分析を困難にしている反面, 運転中のドライバの精神状態を把握するための情報を多く得ることができる.

呼吸運動を低負担で計測する手法として, 近赤外光パターン照影³⁾やマイクロ波レーダー⁴⁾を利用した計測手法が提案されているが, いずれも計測対象者の姿勢がある程度限定されている. そこで, ドライバの生体信号を計測対象

者の姿勢の制限が比較的少ないと考えられる自動車用シートに着目し, 背部および臀部のシートの面圧変化からドライバの呼吸変化を検出する手法の検討が提案されてきた⁵⁾. その結果, 停車時においてはドライバの呼吸運動を特に背部の面圧センサから検出できる可能性が示された. しかし, 運転時には車両運動によりドライバの背部は面圧分布が安定しない可能性が高い.

そこで, 本研究では, 既存の提案手法を改修して実用化の可能性を検討するとの観点から, ドライビングシミュレータを用いて, 運転時における臀部の面圧変化を用いた呼吸計測の可能性を検討する.

3 検出手法検討のためのデータ収集

3.1. 目的

計測手法の実用化の可能性を検討するため, 動揺装置付きドライビングシミュレータ(三菱プレジジョン株式会社)を用いてデータ収集を行う.

3.2. 方法

本研究の計画は大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき, 大阪工業大学学長の承認を得て実施した(承認番号2011-22).

(1) 実験参加者

公募により謝金雇用し, 文書によるインフォームドコンセントを得た20~24歳の健常男子大学生10名である. 全員, 普通自動車の運転免許を所有しているが, 運転歴は様々である.

(2) 実験条件

車両および運転者の状態は, 実際の運転場面として, 信号等での停車時と運転時を想定して以下の二条件とした.

Measurement of driver's respiration using seat pressure

Shu IIDA, Yukiyo KURIYAGAWA, Ichiro KAGEYAMA, Shota YASUDA,
Hiroyuki KOBAYASHI and Mieko OHSUGA

- ① 車両：エンジン ON, 停止
運転者：運転姿勢（右足はブレーキの上、ハンドル把持位置は特に指定していない。）
 - ② 車両：停止（エンジン ON）→発進加速→約50km/hで定速直進走行→減速→停止（エンジン ON）
運転者：運転
- なお、データの計測時間はそれぞれ①が約2分間、②が約3分間である。

（3）計測

臀部の面圧センサはBPMS5330, TekScanを用いて、これを座面に敷いてシート面圧の計測を行った。計測のサンプリング周波数は最大80Hz、センサー一つの大きさは直径5mm、圧力の計測範囲は0～35kPaで分解能は8bitである。このセンサが縦32個、横32個、合計1024個配置され、シート全体の大きさが縦471mm、横471mmである。

また、提案手法の呼吸の計測精度を確認するため、接触型センサとして腹部に呼吸ピックアップ（TR-750S, 日本光電）を装着させ、呼吸アンプ（DL-720, (有) エスアンドエムイー）で増幅して面圧センサと同期をとって呼吸曲線を計測した。

（4）実験手順

インフォームドコンセントの後、着衣条件を統制するために用意したTシャツとズボン（材質は共に綿100%）に着替えてもらった。その後、接触型センサである呼吸ピックアップを装着して、ドライビングシミュレータの座席に座らせた。この際、シートは実験参加者自身が普段運転する時の状態と同じになるように前後位置および背もたれの傾きを調整してもらった。データ収集は各条件1試行ずつを1セットとして、実験参加者ごとに2～4セット行った。データ計測終了後に、センサを外した後、センサ等の違和感に関する簡単なアンケートに答えてもらい、身長、体重、胸囲、胴囲、腹囲の計測を行った。実験風景をFig.1に示す。



Fig.1 実験風景

4 臀部面圧センサからの呼吸計測

4.1. 呼吸検出方法

面圧センサによる呼吸検出の実用化には、呼吸検出を効率的に行うためのセンサの配置位置の検討が必要である。そこで、まず始めに、接触型センサの呼吸ピックアップで計測した時系列の呼吸変化と同様の時系列の圧力変化を示したシート上のセンサ位置の特定を行った。具体的には、呼吸ピックアップによる呼吸曲線と面圧センサ1024個の圧力変化とのコヒーレンスから、呼吸検出に適した面圧センサの位置を求めた。

停止時における実験参加者1名の呼吸曲線と呼吸検出手法により選出されたセンサ位置の圧力変化の一例をFig.2に示す。図中、上が呼吸曲線、下が面圧センサの生データに0.01Hz-1Hzのバンドパスフィルタをかけたものである。図より、面圧センサのデータにフィルタ処理を行うことで、呼吸曲線との波形様式は異なるものの、時系列のドライバの呼吸変化をある程度は表現できていることが確認できる。Fig.3に実験参加者全員の実験条件全てにおけるコヒーレンスが最も1に近かったセンサの位置をまとめたものを示す。Fig.4には面圧センサの計測例を示してあり、上は臀部側、下は太腿側である。座面の面圧分布は体格等によって個人差が大きく、またシートの座り方も実験参加者によって様々であったが、基本的にはFig.4の丸で囲んだ範囲の臀部後方で呼吸が検出しやすいことが明らかとなった。これは、坐骨付近であるが、坐骨付近では最も圧力変化が安定して計測されていたためと思われる。特に、坐骨後方付近の接触面積が大きい実験参加者で計測しやすいことがわかり、臀部の後方における圧力変化を安定して計測することが、より精度のよい呼吸検出に繋がるものと推察される。

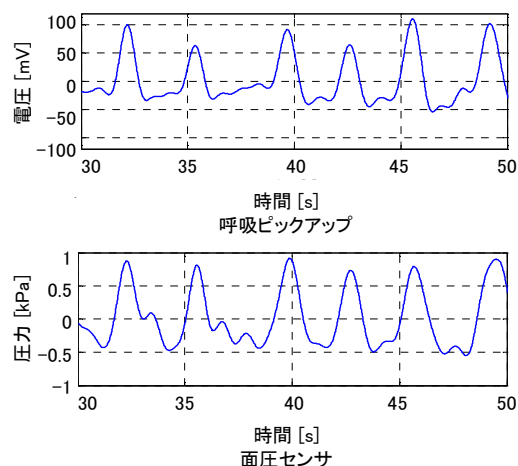


Fig.2 面圧センサによる呼吸検出の一例

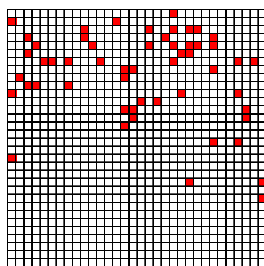


Fig.3 全実験参加者における呼吸検出位置

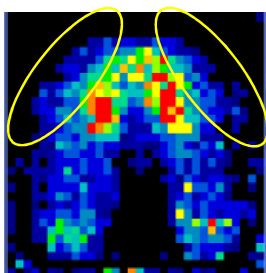


Fig.4 面圧センサ計測例

4.2. 呼吸曲線とシート圧力変化の時系列関係

運転中のドライバの精神状態を把握するためには、時系列の呼吸波形を捉えることが必要となる。そこで、Fig.5に呼吸曲線とシート圧力の吸気時のピークの時間間隔の比較を行ったものを示す。Fig.6には呼吸曲線とシート圧力の吸気時の振幅値のピーク間隔の相関を示したものを示す。Fig.6より呼吸曲線とシート圧力の吸気時の振幅値のピークの相関は高いことがわかる。またFig.5より時系列でもあまり遅れがないことが確認できる。

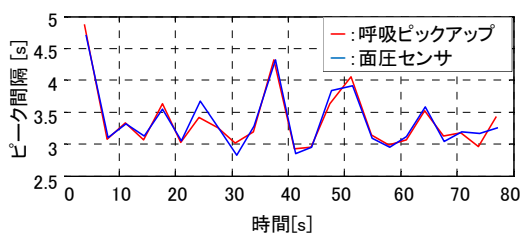


Fig.5 ピックアップから検出した呼吸と面圧シートから検出した呼吸

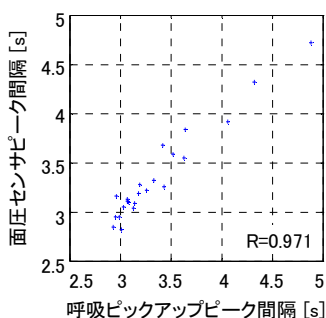


Fig.6 ピックアップから検出した呼吸と面圧シートから検出した呼吸の間隔の関係

4.3. 呼吸検出数

呼吸曲線と圧力変化の時系列関係が高いことを確認できたため、停止時および運転時における面圧センサのデータに3.1.の解析処理を行い、時系列データのピークをカウントすることで呼吸検出数を求めた。

Table 1に実験参加者の停止時および運転時に検出した呼吸数をまとめる。表中の数字は、試行毎の最も良い結果である。なお、実験参加者10名中4名は運転時のデータを計測しなかったため、これらの実験参加者については、停止時の結果のみを記載している。

呼吸曲線とシート圧力の視察による比較から、検出ミスとは呼吸をしていたのに圧力データから呼吸が検出できなかった場合を、誤検出とは呼吸をしていないのに圧力データからピークが検出された場合を示している。

表より、停止時および運転時共に、面圧センサから求めた呼吸数は多くの実験参加者で実際の呼吸数と近い値となっていることがわかる。但し、全試行データを見渡すと、停止時に呼吸の検出ミスおよび誤検出が全くなかった実験参加者でも、運転時の呼吸検出では検出数が低下していることがわかった。これは、実験時の観察から、予想通りドライバの運転操作に伴う体動や車両の運動によるドライバのシート着座位置の変化によるものと思われる。

これより、運転時の呼吸検出方法は更なる検討が必要である。

Table 1 実験条件別による各実験参加者の呼吸検出数

(a) 停止時

参加者	条件			
	停止			
	呼吸数[回]	誤検出[回]	検出ミス[回]	差[回]
A	26	0	2	-2
B	15	0	4	-4
C	18	0	0	0
D	22	1	0	+1
E	22	0	0	0
F	25	0	0	0
G	24	0	0	0
H	10	0	0	0
I	14	0	0	0
J	23	0	0	0

(b) 運転時

参加者	条件			
	走行			
	呼吸数[回]	誤検出[回]	検出ミス[回]	差[回]
A	27	0	3	-3
B	12	0	8	-8
G	29	0	0	0
H	22	0	0	0
I	15	0	10	-10
J	26	0	1	-1

4. 4. 検出結果の個人差

4. 3. により, 停止時では検出ミスや誤検出が少ないことがわかった. そこで, 停止時の検出ミスおよび誤検出のデータを基に, 検出数が悪い実験参加者の特性を検討する.

Fig.7に停止時における全実験参加者の全試行データの検出ミスと誤検出の平均と標準偏差を示す. 上図は呼吸検出ミスについて, 下図は呼吸誤検出を示したものである. 視察による比較から, 最も呼吸検出が可能な条件にも関わらず検出ミスが多い実験参加者はA, B, D, Fである. これは3.1.で述べたように, 坐骨後方付近の接触面積が大きい実験参加者で計測しやすいことから, 体格が痩せぎみの実験参加者は坐骨後方付近の接触面積が小さいと思われる. そのため, Table 2に全実験参加者の身長および体重, BMI指数を示す.

表より, 検出ミスが多い実験参加者A, B, D, FのBMI指数は, それぞれ17.6, 18.3, 21.2, 22.9であった. BMI指数による体格の判定は20未満を痩せぎみ, 20~24未満を普通, 24~26.5未満を太りぎみ, 26.5以上を太りすぎとしている. このことより, 実験参加者A, Bは前述の仮説通り体格の判定が痩せぎみであるために坐骨後方付近の接触面積が小さく接触状況が安定しなかったため, 検出ミスが多くなったと思われる. しかし, 実験参加者D, Fに関しては, 体格の判定が普通であるにも関わらず, 検出ミスが多くなっているため, 検出精度低下の要因はBMI指数だけではないことも同時にわかった.

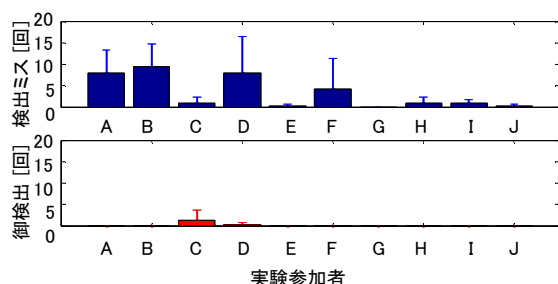


Fig.7 実験条件Iにおける平均と標準偏差

Table 2 実験参加者の特性

参加者	身長 [cm]	体重 [kg]	BMI
A	168.5	50.0	17.6
B	173.0	55.0	18.3
C	172.0	60.0	20.2
D	175.0	65.0	21.2
E	163.0	57.0	21.4
F	171.0	67.0	22.9
G	163.5	66.5	24.8
H	172.0	74.7	25.2
I	176.0	83.0	26.7
J	157.0	71.0	28.8

5 まとめ

ドライバに拘束や負担を強いることなく, ドライバが常時接触している臀部のシート面圧変化から, 運転時も含めて呼吸を計測する手法の検討を行った. その結果, 坐骨付近の圧力変化から呼吸が検出しやすいことが明らかとなった. また, 呼吸曲線と面圧シートからの呼吸変化には時間差があまり無いことも明らかとなった.

呼吸検出は, 停車時ではある程度の検出が可能であるが, 運転時はドライバの運転操作による体動等によって, 検出数が低下することが明らかとなった. また, 停止時においても検出数が悪い実験参加者の特性の一つとしてBMI指数との関係を検討したが, 明確な関係性は見出せなかった.

今後の課題として, 呼吸曲線と面圧シートからの呼吸変化がドライバの状態を把握する上で重要となる突発的な呼吸変化をどの程度捉えることができるかを検討する. また, ドライバの背部および臀部の圧力分布の安定性を向上させるために, ドライバとシートを一体化させる工夫を行う等して, 更なる呼吸検出の向上を検討し, 運転操作による体動等が生じた際は, 呼吸検出位置の変動を時々刻々と捉えていくための手法を提案することにより, 運転操作中でも大幅な呼吸検出の向上を検討したい.

「参考文献」

- 1) 栗谷川幸代, 大須賀美恵子, 景山一郎: ドライバの生理指標変化をトリガにした危険・苦手場面検出, 自動車技術会学術講演会前刷集 (2007)
- 2) 大須賀美恵子: 人間計測ハンドブック, 独立行政法人産業技術総合研究所, 人間福祉医工学研究部門編, p. 92-94, (2003)
- 3) 青木広宙, 市村志郎, 溝辺友也, 清岡智, 越地耕二: 近赤外光パターン光投影による運動中の非接触呼吸計測, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, p. 85, (2007)
- 4) 塚原健史, 藺牟田隼人, 鈴木哲, 松井岳巳: マイクロ波レーダーを用いた準非接触呼吸パターン計測によるストレス評価, 日本人間工学会関東支部第38回大会講演集, p. 83-84, (2008)
- 5) 西條友馬, 景山一郎, 栗谷川幸代: シート圧反力を用いたドライバの状態推定に関する基礎的研究, 日本機械学会第14回交通・物流部門大会講演論文集, p. 299-302, (2005)