

シート座面の圧力センサを用いたドライバの呼吸情報計測

日大生産工(院) ○飯田 就 日大生産工 栗谷川 幸代 景山 一郎
大阪工業大 小林 裕之 大須賀 美恵子
テイ・エス テック 伊藤 生佳 杉山 慎二

1 はじめに

ドライバ状態に応じて運転支援の方策を検討することが重要である。ドライバ状態推定の一つの方法である呼吸情報の非接触計測方法として、これまで近赤外光パターン照影やマイクロ波レーダーを利用した方法が提案されたが、計測対象者の姿勢が限定される。また、腰部筋肉の圧力変動¹⁾を利用した方法は運転操作に伴う姿勢変化により運転中の安定した計測が困難である。そこで本報告では、ドライバが常に接触しており運転中の姿勢変化による接触状況の変化が小さいシート座面の臀部に設置した圧力センサにより、ドライバを拘束することなく呼吸情報計測の可能性を検討する。

2 実験1：呼吸検出位置と体格・体形の影響の検討

シート座面に設置した面圧センサを用いて運転者の呼吸検出位置および体格・体形の影響を検討する。なお、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 2011-22-3）。

2.1 実験条件

ドライバ状態は、運転者の座面の圧力分布が安定している停車時を想定した。実験室に設置した車両用シートに実験参加者は深く腰掛け、ハンドルを10時10分の位置で把持して右足はブレーキを踏み込む運転姿勢をした。実験参加者には呼吸の深さは指定しなかったが、メトロノームにあわせて18[cpm]で呼吸させた。1回の計測時間は2分で休憩を挟んで3回ずつ計測した。

2.2 計測項目

面圧センサ（BPMS5330, TekScan）を用いて、座面の圧力変化から呼吸情報を計測した。1個の圧力センサは直径5[mm]、計測範囲は0～35[kPa]、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。提案手法と比較を行うため、腹部に接触型呼吸情報計測センサである呼吸ピックアップ（AP-CO0022, (株) ミュキ技研）を装着させ、呼吸アンプ（Polymate AP1000, TEAC (株)）で増幅して前述の面圧センサと同期して計測した。

2.3 実験手順

実験参加者には、インフォームドコンセントの後、着衣統制のために用意したTシャツとズボンに着替えてもらった。次に、実験参加者の体格・体形を把握するため、身長、体重、体脂肪、胸囲、胴囲、腹囲を計測した。接触型センサである呼吸ピックアップを腹囲に装着して、面圧センサを配置したシートに座らせた。この際、車両シートの背もたれは床面に対して垂直から16度後方に固定した。

2.4 実験参加者

体格・体形の影響を検討するため、体格・体形の指標であるBMIに着目し、痩せぎみ（BMI<18.5）6名、普通（18.5≤BMI≤25.0）6名、太りぎみ（BMI>25.0）6名の計18名とした。

2.5 実験結果

1) 面圧センサの位置

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。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

Obtaining respiratory information from a driver using seat pressure

Shu IIDA, Yukiyo KURIYAGAWA, Ichiro KAGEYAMA, Hiroyuki KOBAYASHI,
Mieko OHSUGA, Takayoshi ITOH and Shinji SUGIYAMA

したシート上のセンサ位置の特定を行った。具体的には、呼吸ピックアップと 1024 個の圧力センサの呼吸周波数帯のコヒーレンスが高い面圧センサの位置を求めた。Fig.1 に実験参加者全員のコヒーレンスが最も 1 に近かったセンサの位置を示す。右図には面圧分布の計測例を示してあり、左図の上が臀部側を、下が大腿側である。図より、臀部後方で呼吸が検出しやすいことがわかる。これより臀部後方の圧力変化を安定して計測することが重要だと考える。

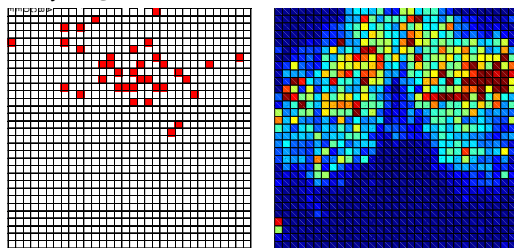


Fig.1 シート座面の呼吸検出位置

2) 検出結果の個人差

1) により、呼吸検出位置は臀部後方であることが分かった。しかし、体格・体形の異なる実験参加者では臀部の面圧状況に違いが生じるため、実験参加者毎の実際の呼吸数に対しての検出誤差を算出することにより、検出誤差が大きい実験参加者の要因を検討する。

Fig.2 に実験参加者の全データの検出誤差の絶対値の平均に対して体格・体形の要因となる BMI 指数との関係を示す。図より、呼吸検出誤差が大きい実験参加者は痩せぎみであることが分かった。これは臀部後方の接触面積が安定している実験参加者で計測しやすいことから、体格・体形が痩せぎみの実験参加者は臀部後方の接触面積が小さいため安定しないと思われる。そのため、体格・体形別に適切なシート硬度を検討して臀部後方の接触面積を安定させることが必要である。

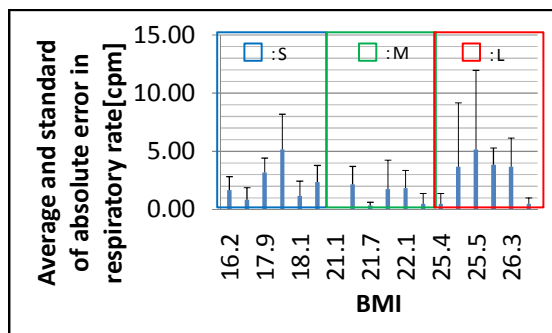


Fig.2 体格・体形ごとの呼吸検出誤差

3 実験2：汎用的なシート硬度と呼吸情報波形の時間遅れと振幅の検討

2 章より、呼吸検出位置は臀部後方であり、呼吸検出誤差を減らすには体格・体形毎に適切なシート硬度を検討する必要がある。これより、呼吸情報計測の実用化を想定して製作した 24ch 圧力センサを用いて、計測された呼吸情報波形の時間遅れや振幅について検討する。なお、本研究の計画は 2 章同様、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 2011-22-3）。

3.1 実験条件

ドライバ状態は、運転者の座面の圧力分布が安定している停車時を想定した。実験室に設置した車両用シート 3 種類（バネ定数：13.6N/mm, 12.7N/mm, 11.9N/mm）と比較のためのベニヤ板シート（バネ定数：167N/mm）に実験参加者は深く腰掛け、2.1 と同様の運転姿勢をとらせた。呼吸の深さ、タイミング計測時間、計測回数も 2.1 と同様の条件で行った。

3.2 計測項目

感圧抵抗型圧力センサを用いて、座面の圧力変化から呼吸情報を計測した。1 個の圧力センサは直径 8[mm]、計測範囲は 2~8[kPa]、精度は $\pm 10\%$ 程度である。運転者の体格・体形による座面積の違いを考慮して、圧力センサは臀部横方向に 6 個、これらをさらに前後方向にそれぞれ 4 列配置して、合計 24 個で圧力センサシートは構成される。圧力センサシートは、最後部の中心が着座可能な車両シート最後部から 73 [mm]に、横方向中心が車両シートの横方向中心となるように設置した。各チャンネル番号は臀部後方の右側が 1ch、臀部前方の左側が 24ch である。提案手法と比較を行うため、2.2 同様、腹部に接触型呼吸情報計測センサである呼吸ピックアップを腹部に装着させ、呼吸アンプで増幅して前述の圧力センサシートと同期して計測した。

3.3 実験手順

実験手順は 2.3 と同様である。

3.4 実験参加者

実験参加者は 2.4 と同様である。

3.5 実験結果

1) 適切なシート硬度

前処理として圧力センサで計測した生データに電源ノイズ等を除去するための 0.1Hz

～1.0Hz のバンドパスフィルタ処理を行った。

体格・体形およびシート硬度の違いによる呼吸情報計測への影響を検討するため、体格・体形別にそれぞれのシート硬度における実際の呼吸数と圧力センサで計測された呼吸数の差を求めた。計測状況は臀部後方から前方に向かって悪くなることが確認された。また、2.5 の検出位置と照らし合わせると 1ch ～6ch の位置に呼吸検出位置が多かったため、臀部後方の 1ch～6ch の 6 個に限定して各実験参加者で計測 3 回中の呼吸数の差の絶対値を体格・体形別に各 ch の平均値と標準偏差を求めたものを Fig.3 に示す。

図より、汎用的なシート硬度は 11.9N/mm であることが分かる。

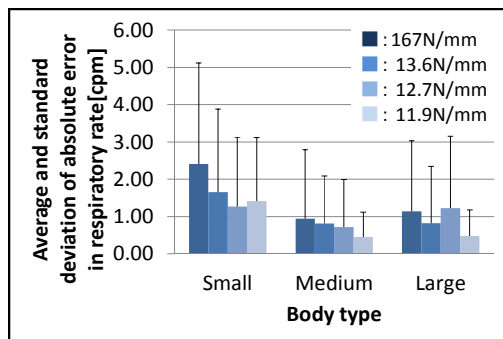


Fig.3 シート硬度を変更した場合の体格・体形ごとの呼吸検出誤差

2) 時間遅れと振幅

呼吸情報を用いたドライバ状態推定手法としては、注意集中時の息こらえや緊張時の振幅低下などがある。そのため、実際の呼吸曲線に対する計測した呼吸情報波形の時間遅れや振幅を把握することが重要である。

まず、時間遅れの検討方法として実際の呼吸曲線に対して各チャンネルの呼吸情報波形の時間遅れを補正し、精度よく補正が行えているものを○、それ以外を×として Table1 に各チャンネルの体格・体形別の○のみの平均値と標準偏差を示す。表より、実験参加者に関わらず臀部中央の 3ch, 4ch はほとんど遅れ時間がなく、左右対称の 2ch と 5ch, 1ch と 6ch では左右で同等の遅れ時間が約 1～2 秒程度生じていることがわかる。

次に、時間遅れを考慮した上で、呼吸曲線との振幅の検討方法は時系列の呼吸曲線との振幅変化を比較し、精度よく補正が行えているものを○と、それ以外を×として Table2 に各チャンネルの体格・体形別の判定結果を示す。

表より、圧力センサで計測した呼吸情報において、呼吸曲線の振幅変化を全体的に見て表現している実験参加者は非常に少ないものの、太りぎみの実験参加者においては 3ch, 4ch ではある程度表現されているのがわかる。

これらは、臀部後方尾骨付近で圧力変化が安定していたためと思われる。そのため実際の運転場面ではドライバの運転操作による前後左右方向の体動の影響を検討する必要がある。

Table1 圧力センサの時間遅れ

Body type	S	M	L	All	ch					
					1	2	3	4	5	6
					Ave	Std	Ave	Std	Ave	Std
Small	S	M	L	All	1.91	0.15	1.68	0.08	0.22	0.07
					0.15	0.08	0.11	0.03	0.27	0.06
					1.65	0.35	2.16	0.23	0.70	0.44
					0.35	0.21	0.12	0.80	0.46	0.83
Medium	S	M	L	All	1.33	0.59	1.50	0.78	0.13	0.18
					0.59	0.78	0.20	0.18	0.57	0.97
					1.61	0.46	1.63	0.69	0.43	0.61
					0.46	0.69	0.15	0.61	0.64	0.91

Table2 圧力センサの振幅

ID	ch																	
	1			2			3			4			5			6		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	—	—	—	—	×	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—	×	×	—
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
J	—	—	×	—	—	×	×	×	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—
K	×	×	×	—	—	×	×	—	×	—	—	—	—	—	—	×	×	—
L	—	—	—	×	×	—	×	×	×	—	×	—	×	×	—	×	×	—
M	×	×	×	—	—	—	×	—	—	×	—	—	×	×	×	×	×	—
N	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	×	—	—	—	—	—
O	×	×	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	×	—	—	—	—	—
P	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—
Q	—	—	×	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—
R	—	—	×	×	—	—	×	×	×	—	—	—	×	×	×	×	×	×
S	×	×	×	—	×	×	×	×	×	—	—	—	×	×	×	—	—	×
T	—	—	—	—	×	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
U	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×
V	—	—	—	×	×	×	—	—	—	×	—	—	×	×	×	×	×	×

4 実験3：運転シーン別の呼吸情報計測の検討

3 章より、汎用的なシート硬度と感圧抵抗型圧力センサにおける時間遅れの補正の可能性を示すことができた。これより実車走行時の呼吸情報計測の可能性を検討する。

4.1 実験条件

走行コースは千葉県的高速道路の武石 IC の料金所から酒々井 SA までとした。教示内容は発話を避け、実際の交通ルールを守り、運転させた。

4.2 実験車両

実験車両は日産自動車（株）プレサージュ（TA-TU30）を使用した。

4.3 計測項目

生体情報として感圧抵抗型圧力センサを3章のセンサ位置よりも、体動の影響を考慮して、1列分（40mm）後方に設置して計測した。そのため、前述の臀部最後方からさらに後方の1列分のセンサを右側から-1ch、-2ch、-3ch、-4ch、-5ch、-6chとする。提案手法と比較を行うため、2.2同様、呼吸ピックアップを腹部に装着させ、計測した。次に運転行動の影響による要因を検討するため、車両情報としてジャイロセンサ（NAV440、クロスボー（株））で、3軸の加速度とその軸周りの角速度を座標系はSAE座標系として計測した。また、ドライバのハンドル操作としては操舵角（TR60100N201-2s、総合計装（株））もジャイロセンサ同様座標系はSAE座標系として計測した。

4.4 実験参加者

実験参加者は3章で呼吸情報計測が良好であった実験参加者Eの1名で行った。

4.5 実験結果

1) 運転場面における呼吸情報計測

前処理として圧力センサで計測した生データに0.1Hz～1.0Hzのバンドパスフィルタ処理を、車両情報の生データには10Hzのローパスフィルタ処理を行った。

Fig.4に高速走行における車両情報とドライバの重心移動を示す。図より、重心移動は前後方向ではほとんどないが、横方向では変化していることが分かる。そこで、車両横運動の横方向加速度、ヨーレートと横方向の重心移動の相関を確認したところ、最も相関が高いのは $R=0.545$ で横方向加速度であった。そのため、横方向加速度が生じていない部分（赤色枠）と横方向加速度が生じている部分（灰色枠）での呼吸検出状況を確認する。

Fig5に圧力センサから検出した呼吸情報を示す。図より、車両情報に変化のない範囲では、前述通り臀部後方中央付近の9chでの計測が良好であった。しかし、横方向加速度が変化する状況においては、-1chでの計測状況が良好であった。これは、操舵することで生じる横方向加速度でドライバの重心が移動して、臀部後方中央より更に後方端側で接触が安定するためと考えられる。このことより、

ドライバ臀部の座面との接触状況の安定を把握するのに有用な車両情報を捉えることで、大きな車両運動を伴う運転シーンでも、呼吸情報の検出に適した圧力センサ位置を推定して呼吸情報検出を行える可能性がある。

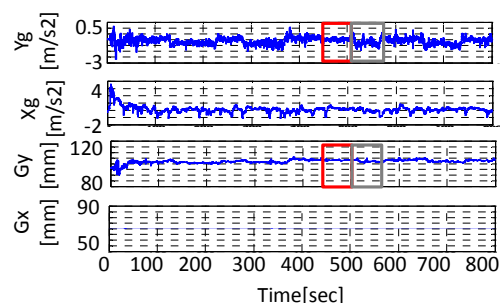


Fig.4 車両情報とドライバの重心移動

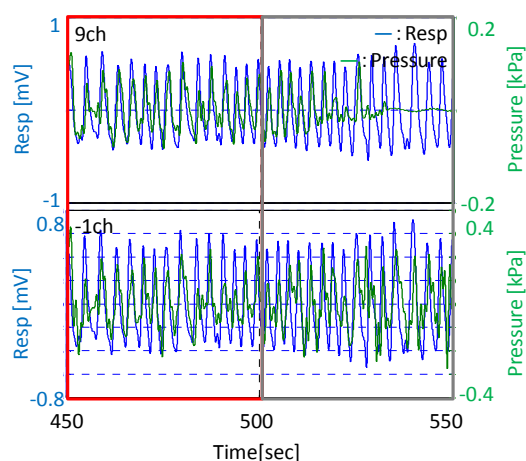


Fig.5 呼吸情報の検出に適した圧力センサの位置の推定

4. おわりに

シート座面の圧力センサを用いた呼吸情報計測を検討した結果、次の結論を得た。

- 1) 汎用的な呼吸検出位置は臀部後方である。
- 2) 汎用的なシート硬度は11.9N/mmである。
- 3) 圧力センサで時間遅れは再現可能である。
- 4) 臀部と座面の接触状況の安定に影響を与える車両情報を把握することが、運転時の呼吸情報計測には重要である。

「参考文献」

- 1) 前田慎一郎, 藤田悦則, 小倉由美, 小島重行, 金子成彦: 生体信号センシング用シートに関する研究, 自動車技術会学術講演前刷集No. 57-07, p. 7-10, (2007)