

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

日大生産工(院) ○西條 友馬
日大生産工 栗谷川 幸代

日大生産工 景山 一郎

1. まえがき

現在、ドライバの能力補助や情報提供など、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、ドライバの状態を時系列に観察し、そのときの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研究も行われている。そこで、ドライバの状態を観察する方法の1つとして、心拍や呼吸などの生体反応が考えられるが、現状では生体反応の計測にはサーモグラフィ等の一部を除いてはドライバの体にセンサの貼付や装着を行う必要があり、ドライバに多少の拘束や負担を強いることは避けられない。そのため、ドライバの生体反応をドライバが無意識のうちに計測することができれば、非常に有用であると考えられる。そこで、本研究では、ドライバが運転中に常に接触しているシートに着目し、シート圧反力の変化からドライバの生体反応の変化を抽出する方法について検討を行う。

2. ドライバ状態とシート圧反力の関係

2.1 シート圧反力変化の要因

シート圧反力の変化の要因として、次の二つが考えられる。まず一つめは、ドライバが周囲環境の確認のために身を乗り出す動作や長時間の座位姿勢による疲労の緩和動作による姿勢変化である。このような状況では、シート圧反力が非常に大きく変化し、また、場合によってはドライバがシートから離れることも考えられる。これらのシート圧反力の変化も前述のような特徴場面に発生すると考えられることから、ドライバ状態を把握する上で有効な情報になりうる可能性がある。二つめとして、ドライバがほとんど動かない状況においては、ドライバの生命活動に伴う脈動や呼吸運動が背中やお尻を介して、シート圧反力の変化に反映される可能性がある。これらの中から、本研究では、後者のドライバが動かない状況におけるシート圧反力の変化から、生体反応の変化の抽出の可能性およ

び抽出方法について検討を行う。

2.2 シート圧反力変化と生体反応

ドライバとシートは、上半身は背部で下半身は臀部および大腿部で接触をしている。背部には、心臓および呼吸を介する肺があるため、鼓動や呼吸運動がシート圧反力の変化として計測される可能性がある。また、下半身の臀部は、運転中のドライバの体全体を支えることになり、鼓動や呼吸運動に伴う体の運動がシート圧反力の変化として計測される可能性がある。さらに、下半身の大腿部には、大動脈が存在することから、脈動がシート圧反力の変化として計測される可能性がある。このようにドライバのシート圧反力を計測することにより、脈動や呼吸運動等の生体反応を捉えられる可能性がある。そこで、本研究では、シート圧反力の変化から生体反応を抽出する検討の初段階として、これらの中でも特に大きな動きを伴いシート圧反力の変化により反映されると予想される呼吸運動の抽出方法について検討を行う。

2.3 呼吸運動とドライバ状態

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、精神作業負荷がかか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、一時的に呼吸停止（息こらえ）が起こる⁹⁾。これらのことより、運転中のドライバの呼吸運動を把握することで、リラックスしているのか、あるいは緊張しているのかといったドライバの状態をある程度は推察できる。

3. 実験方法および測定方法

被験者に検証データ計測のための生体センサになるべく慣れてもらうために、まず始めに、心電図と胸および腹の呼吸運動のセンサを取り付けた。被験者にセンサ類が気にならないことを確認した上で、車両の運転席シートに座ってもらい、被験者自身でシート位置を普段自分が

運転する際の位置になるように調整してもらった。その後、ハンドルを持つ位置などは特に指定せずに普段の運転中の姿勢を再現するようにとだけ教示を行い、シートに着席後、姿勢変化がある程度落ち着いた時点(約30[sec]後)から約1分間の計測を3回行った。3回の計測は、1回の計測毎に車両から降車してもらい、数分間の休憩をとった後に、再度乗車してもらい行った。計測項目としては、シート圧反力、心電図、胸および腹の呼吸である。シート圧反力の計測は、普通乗用車のシートに体圧分布測定システム(NITTA製,計測範囲;2~20[kPa],分解能;8[bit])を固定して行った。計測面積としては、背部が縦48[cm],横44[cm]の約2112[cm²]であり、臀部が縦48[cm],横44[cm]の約2112[cm²]である。心電図は胸部誘導により導出し、呼吸は胸郭と腹部の周囲長さの変化を捉える方式のものを使用した。なお、被験者は健常男性3名であり、被験者Aは年齢22歳,座高58.5[cm],被験者Bは年齢23歳,座高54.3[cm],被験者Cは年齢22歳,座高61.0[cm]である。ここで座高は、臀部から肩までの高さのことである。図1に実験風景を示す。

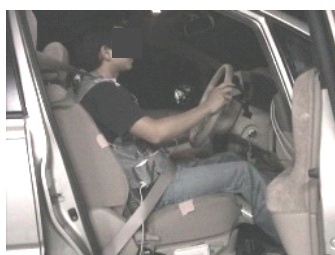


fig.1 Experiment View [Subject B]

4. 実験結果

4.1 シート圧反力の被験者による違い

図2に被験者3名の背部および臀部・大腿部の計測開始30秒後のシート圧反力の分布を示す。それぞれ、左から1回目,2回目,3回目である。この図より、被験者によってシート圧反力の分布は異なるが、個人内の試行回数による違いは見られないことがわかる。ここで、被験者Bの3回の時系列のシート圧反力重心位置を図3に示す。図3より、X方向とY方向の共にほとんど変化が見られず、被験者Aと被験者Cでも同様の結果が得られた。これらのことより、被験者によって、シートの座り方はほとんど固定されており、短時間では時間経過に伴う姿勢変化もほとんどないことがわかった。

そこで、次に、被験者間の重心位置について検討を行うため、各被験者の3回の重心位置平均および標準偏差を図4に示す。図より、前述の通り、被験者内での試行回数の違いによる重心位置の標準偏差は非常に小さいことがわかり、また被験者間でも重心位置の違いは数cmとほとんど変わらないことがわかる。今回の実験で

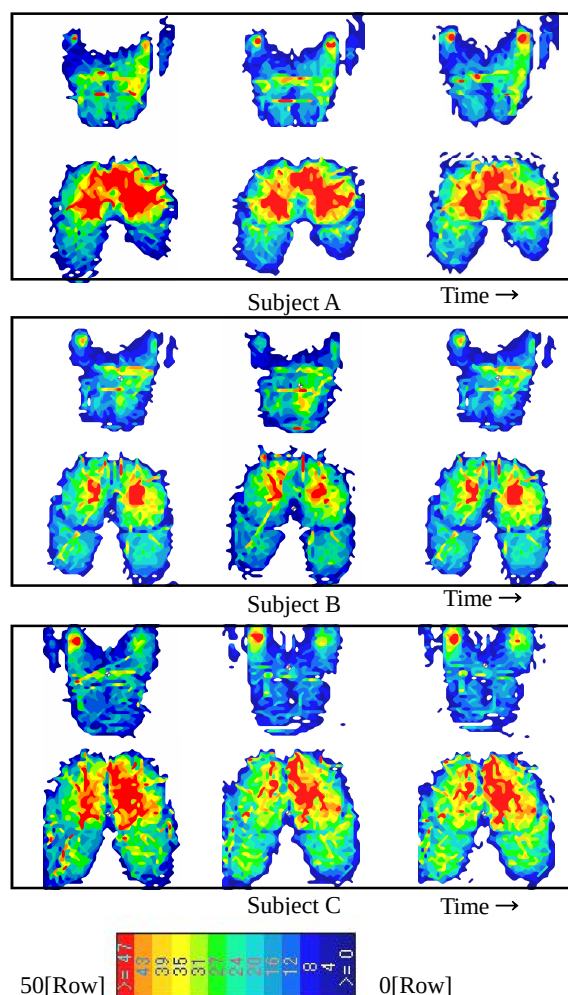


fig.2 Temporal variation of Seat Pressure

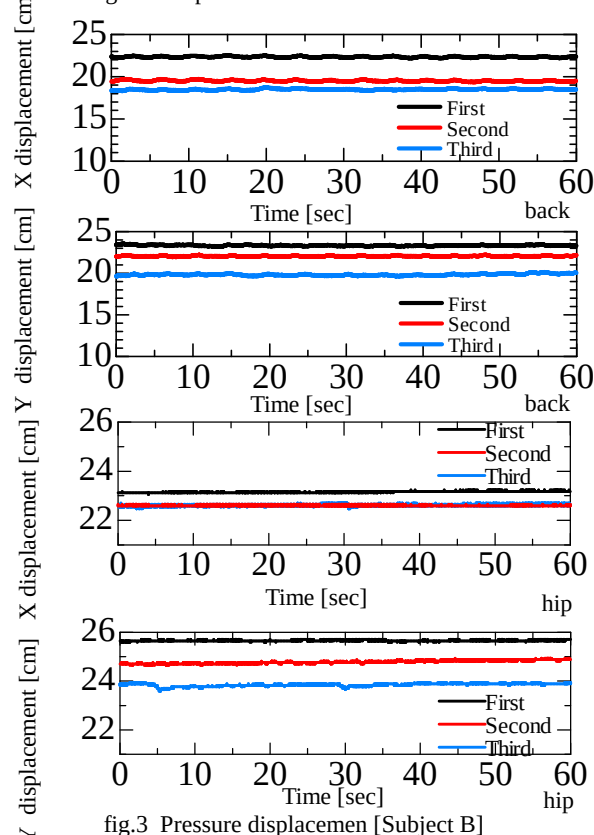


fig.3 Pressure displacement [Subject B]

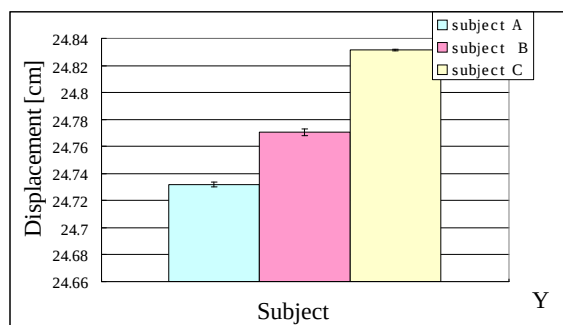
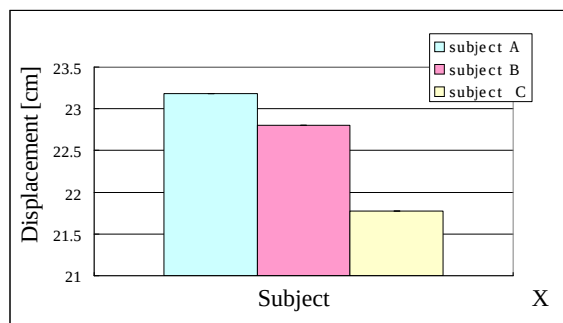
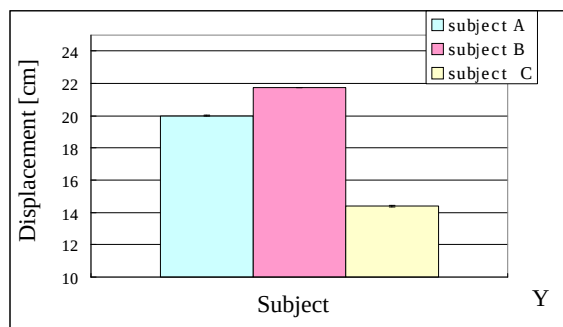
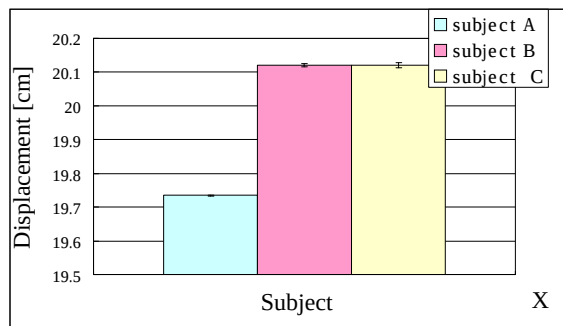


fig.4 distribution [Ave・SD]

は、被験者 B と被験者 C の座高の差が最大で 6.7[cm]であったが、体型に合わせて椅子を前後させることにより、ドライビングポジションはほぼ同等な位置になることがわかった。

4.2 シート圧反力変化からの呼吸運動の抽出

前節により、被験者による重心位置の違いはほとんどないことがわかった。そこで、シート圧反力における呼吸運動の抽出位置として、背部および臀部・大腿部の各被験者の接触面の観察から、シート圧反力重心平均の位置を基準とし、この周囲のいくつかの位置を抽出候補位置として設定した(図 5)。この際、1 ピクセル

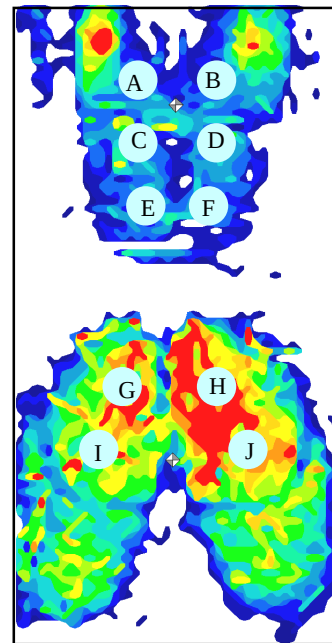


fig.5 Points of Seat Pressure

(1.02[cm]×1.02[cm])では運転状況に応じてドライバとシートとの非接触の可能性が高くなることから、3×3ピクセルにおけるシート圧反力(平均)の変化を捉えることとした。図 6 に被験者 B の臀部のそれぞれの位置におけるシート圧反力の変化を示す。これより、それぞれの位置において、反力には違いがあり、また変動していることがわかる。

4.2.1 周波数解析

背部および臀部・大腿部に呼吸運動が伝達されていれば、それぞれのシート圧反力の時系列データの周波数解析結果には、呼吸周波数と同帯域にピークが現れることになる。そこで、図 7 に胸および腹の呼吸データとシート圧反力データの周波数解析結果を示す。図より、胸および腹の周波数解析結果では、0.2～0.3[Hz] 付近にピークが見られる。これに対し、シート圧反力の周波数解析結果でもほぼ全ての位置で同帯域にピークが見られ、特に背部では位置 C と臀部・大腿部では位置 H においてピークが顕著である。どうしてこれらの位置でより顕著に呼吸運動を捉えられたのかは、被験者数が少なく検討が出来ないため、これについては今後検討を行う。これより、背部や臀部・大腿部のシート圧反力から、呼吸運動の計測が可能であることが確認できた。

4.2.2 呼吸運動の抽出

前節により、シート圧反力には呼吸運動も計測されていることが確認できた。そこで、本節では、バンドパスフィルタを利用して、シート圧反力から時系列の呼吸曲線(図 8)を抽出する

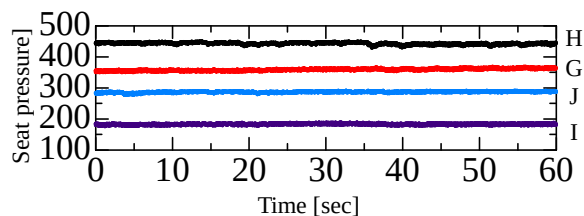


fig.6 Seat pressure

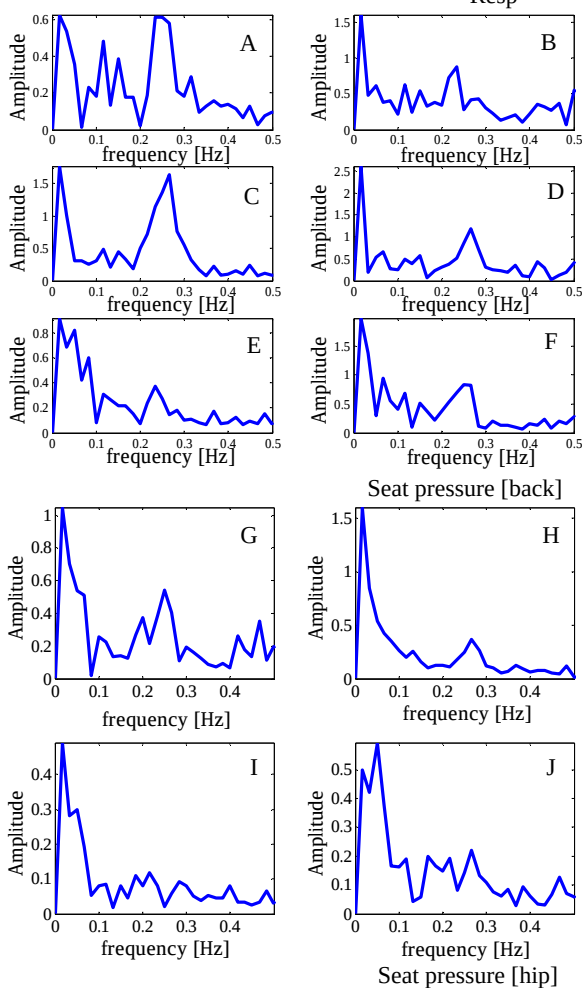
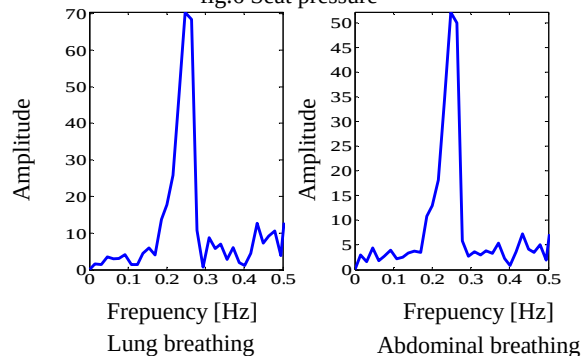


fig.7 Frequency analyses

ことを試みる．ここで用いるバンドパスフィルタとしては，移動平均法を用いて前述の周波数解析結果から，0.1[Hz]のハイパスフィルタと0.4[Hz]のローパスフィルタを利用することとした．図9に抽出結果を示す．この図より，簡単なバンドパスフィルタにより，呼吸運動がある

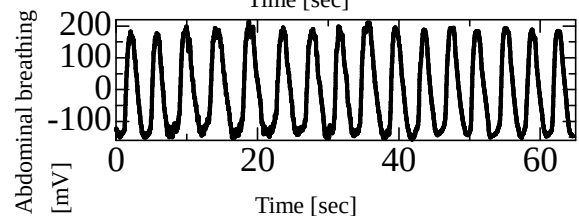
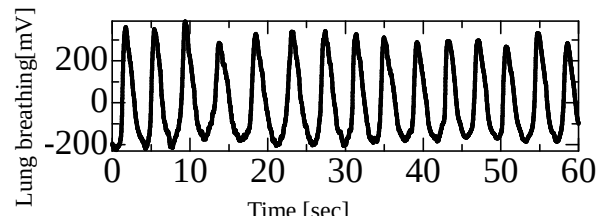


fig.8 Resp

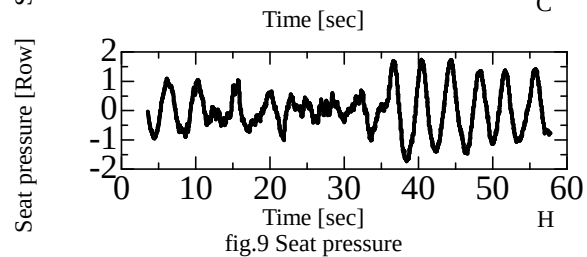
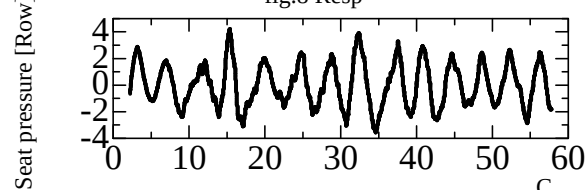


fig.9 Seat pressure

程度は抽出できることがわかる．これより，時系列のシート圧反力の変化から呼吸運動を抽出することが可能であることが確認できた．

5. まとめ

本研究では，運転者が無意識に接触しているシートからドライバの状態の推定手法の1つである生体反応，特に呼吸運動の抽出の可能性について検討を行った．その結果，シート圧反力変化からある程度呼吸運動を抽出できることが確認された．しかし，被験者が1名であることから，適切なシート圧反力からの呼吸運動抽出位置や抽出方法については，検討の余地があることは言うまでもない．そこで，今後は，より多くの被験者について計測および分析を行い，より精度良く呼吸運動をシート圧反力から抽出する手法を検討したいと考えている．また，呼吸運動以外の生体反応抽出の可能性や運転姿勢変化を生じさせるドライバ状態についても検討を行う予定である．ドライバが動いているときと動いていないときの両面から有用な情報獲得を目指し，研究を進めていきたい．

[参考文献]

- 1) 田村博: ヒューマンインタフェース, オーム社, (1998)