

シート座面反力変動による覚醒度低下検出に関する研究

日大生産工(院) ○西條 友馬 日大生産工 景山 一郎
日大生産工 栗谷川 幸代

1. はじめに

近年、自動車交通システムにおける交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に、ITS (Intelligent Transport Systems), ASV(Advanced Safety Vehicle)の研究開発が進められている。それに伴いドライバへの運転支援、および情報提示のレベルを検討する上でドライバの覚醒度レベルが問題になり、この低下を推定する方法が求められている。

覚醒度を客観的に評価してドライバ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が行われている。それらは、運転操作や頭部の動きなど、運転者の行動に関する手法²⁾と、脳波、瞬きや心拍をいった運転者の生体情報を分析する手法^{3),4)}がある。前者では、蛇行運転の検出といった覚醒度が低下してからの検出となり、後者は、ドライバの状態を常に観察して覚醒度が低下した居眠りの兆候を検知出来ると考えられる。しかし、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になる場合がある。そこで、覚醒度が低下していく過程を時々刻々観察し、ドライバに負荷を与えることなく無意識のうちに計測できれば大変有用なシステムとなる。

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、ドライバの運転姿勢の変化によるシート圧反力の変化からドライバの覚醒度低下を抽出する方法について検討を行う。

2. ドライバの覚醒度とシート圧の関係

ドライバの上半身は背部で下半身は臀部および大腿部でシートと接触しており、ドライバの体をささえている。このシート圧反力は、運転時の体重に加え、アクセル・ブレーキ操作による反力が含まれる。シート圧反力の変化の要因としては、次の二つが考えられる。まず一つめとして、ドライバの動きがない状況下で、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ものである。二つめは、運転動作およびドライバが周囲環境の確認動作による大きな姿勢変化や長時間の座位姿勢による疲労などによる長時間をかけたゆっくりとした姿勢の変化⁵⁾である。ここでは二つめの覚醒度の低下に伴う意識低下が引き起こす姿勢変化による臀部圧力分布変化に着目する。

本報告では、現在用いられている覚醒度評価指標

を同時に計測し、多面的に覚醒度を捉え、覚醒度の低下に伴う姿勢変化による座面にかかるシート反力の総和と、シート座面の圧力分布の変化に着目して覚醒度の低下を抽出する方法について検討を行う。

3. 実験

3.1 実験装置

本報告では、ドライバの覚醒度低下に関して検討を行うため、運転状況を設定でき再現性が得られるドライビングシミュレータ(以下DS)を用いた(fig.1)。本DSは、被験者に対し電動ムービングベースによる六自由度のモーション情報、電動モータ制御によるステアリング反力情報、走行環境映像を投影することによって与えられる画像情報、音響発生装置による音の情報を与えられることができる。車両諸元は一般乗用車(セダン)となっている。

3.2 実験方法

被験者に計測のための生体センサを取り付け、次に、被験者にセンサが気にならなくなったことを確認した上で、運転席のシートに座ってもらい、被験者自身に普段自分が運転する時のシート位置に調整してもらった。その後、安静状態を計測しDSを用いて慣熟走行後実験を行った。

計測項目としては、車両情報として、ハンドトルク、ハンドル角、生体情報として、心電図、胸郭と腹部の呼吸運動、瞬き、眼球運動、シート圧反力である。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。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(計測範囲:2~20[kPa], 分解能:8bit)を貼付して行った。計測面積としては、背部が縦(Y);480[mm], 横(X);440[mm]の約211×103[mm²]であり、臀部が縦(Y);480mm, 横(X);440mmの約211×103[mm²]である。センサシートにかかる荷重は、各センサごとに0~255のデジタル値(Row値)で表す。DSのシナリオは片側一車線の高速走行を模擬した1周20[Km]のコースで、定期的に対向車を出現させ、外乱として横風(9[km/s])を直線路で右側からあたるようにした。

なお、被験者は20代前半の健康男性4名である。

3.3 覚醒度評価法

ドライバの覚醒度を評価するための指標として以下のものを指標とした。Fig.4に1例として被験者Aの結果を示す。

Study on Detecting Decline on Driver's Arousal Level Using Reaction Force of Seating Face

Yuma NISHIJO, Ichiro KAGEYAMA and Yukiyo KURIYAGAWA

1) 外乱による修正操舵

ドライバの主観評価を口答で行う方法や眠気を感じたときにドライバに報告してもらう方法では、覚醒度を高めてしまい、ドライバの覚醒度の低下を妨げている可能性がある。一方、ドライバの修正操舵量や車両の横ずれ量の変化は覚醒度低下の有効な評価指標と考えられている。そこで実験では、覚醒度の低下を妨げない程度に修正操舵を要する横風を定期的に付加しドライバの修正操舵で覚醒度を評価した(Fig.2)。ドライバに外乱が加わってからハンドルへの修正操舵成分が入力されるまでの時間を評価の対象とした。ハンドル角のデータより、道路形状やふらつきによる成分を0.6[Hz]でローパスフィルタをかけ、横風の影響を修正する操舵成分をドライバが入力するまでの時間を求めた。その結果、被験者ごとに差はあるものの修正操舵の遅れから、覚醒度低下を確認できる。例として被験者Aの結果をFig.4 (a)に示す。また、ドライバがふらつきガードレールとの接触(Accident A)や対向車との接触(Accident B)が見られるのでこれらの結果も合わせて示す。

2) 瞬目による検討

瞬目は眠気と閉眼時間は関連が深いとされ、覚醒度が著しく低下する直前に速い周期の瞬目が増えるといわれている⁹⁾。10秒間ごとの瞬目回数をFig.4 (b)に示す。実験当初瞬目の変動が小さいが、時間の経過と共に変動が大きくなっている。図を見るとガードレールに接触する1100[sec]付近で一端減少し接触後再び増加しているのがわかる。これにより、瞬目の回数が増加し、その後一端減少して再び増加する場面で、覚醒度が低下していると考えられる。

3) 閉眼時間による検討

覚醒度の低下に伴い長い瞬きが全瞬きに占める比率が増えると言う報告がある⁹⁾。そこで閉眼の定義をFig.3に示す。さらに閉眼時間の時系列データをFig.4 (c)に示す。その結果、走行の前半は閉眼時間が短い、図における800[sec]以降、閉眼時間が長くなり覚醒度の低下を伴うものと考えられる。ガードレールにぶつかっている1100[sec]では、数秒間閉眼時間が減っているが、その後瞬目が増えている。実験後ドライバが『目を覚まそうとする』と言うコメントを残しているが、その行動によるものだと考えられる。これにより、閉眼時間が長くなり、その後短くなる場面で覚醒度が低下していると考えられる。



Fig.1 Experimental Image

4) 心電図・呼吸

フィルタによりRR間隔の高周波成分と低周波成分を時系列的に求めると、ドライバの状態の指標となりうることを示されている⁹⁾。この場合、高周波成分が呼吸に影響を受けるので呼吸統制が行われていることが重要である。そこで、走行中の呼吸に関して周波数解析を行った(Fig.5)。結果、修正動作や覚醒度を上げるためのドライバの動きにより呼吸が乱れてしまっていると考えられる。そこで、瞬時心拍数を時系列的に追ひ、覚醒度低下によるドライバへの影響を見ていく。瞬時心拍数をFig.4 (d)に示す。ある程度走行後、瞬時心拍数が600[sec]付近から振動しているものの平均的に低くなっている。覚醒度が低下し、呼吸がある程度安定したことによるものと考えられる。また、覚醒度が下がりガードレールとの接触等を起こしてしまった後には、瞬時心拍数の増加が確認できる。覚醒度低下後、ドライバの動きが減り呼吸が安定することで瞬時心拍数が下がると考えられる。

5) 全指標による覚醒度評価

上記の4手法で検討を行った結果、総合的に見て今回用いた覚醒度の指標によりドライバの覚醒度が低下している場面が抽出可能である。修正操舵、閉眼時間、事故との結果より、走行開始後800[sec]付近から覚醒度が低下していることがわかる。瞬目と瞬時心拍においても、この時間帯で低下の傾向が見られた。

実験後のアンケートで、走行中何度も寝てしまいそうになったことと寝ないように努力したと回答している。今回用いた覚醒度の指標でこれらの行動が捉えられたと考えられる。また、今回行った修正操舵による評価も妥当であることが確認できた。

4. シート圧反力変動による覚醒度評価

前章より、今回のシナリオで覚醒度が時系列的に低下していることを示した。そこで、この章では今回の指標で覚醒度が高い場面A (100[s])と覚醒度が低下している場面B(900[s])と定義して、覚醒度低下に伴うシート圧反力への影響を検討する。

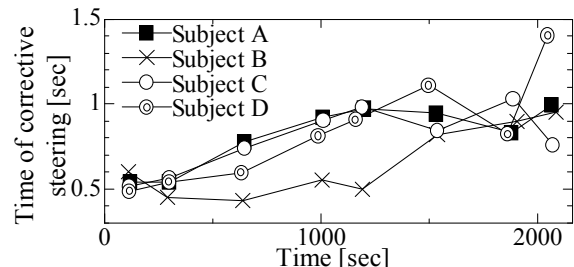


Fig.2 Reaction Time

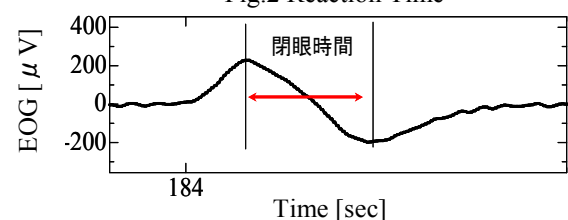


Fig.3 Time of eye closure

4.1 姿勢変化

走行中のドライバのゆっくりとした変化の検討を行うために背面と座面の圧力中心の実験結果に0.1[Hz]のローパスフィルタをかけたデータを示す(Fig.6). 背面は上方が正方向で座面は前方が正方向である. まず(a)背面に関して被験者AとCに関しては全体的に変わっていないが, 被験者BとDは圧力中心が上がっているのが確認できる. これは運転中の覚醒度低下に伴い被験者の姿勢が反り返る方に変わっていることを示している. (b)座面に関しては, 被験者AとDは前方に, 被験者BとCは後方に荷重中心が移動している. 座面の圧力中心はブレーキ・アクセル操作や左足の状態にも因ると考えられる. そこで, ドライバの覚醒度を評価する上で, ドライバの臀部のシート反力に着目する. 以降は, 上半身の変化が異なる被験者Aと被験者Bのデータを用いる.

4.2 シート圧変動

安静状態での圧力分布(Fig.8)を基準に, 座面圧力を臀部(上部)と大腿部(下部)に分割した. 次に, 全体, 臀部と大腿部に関しての圧力総和の図を示す(Fig.7). 被験者Aに関して開始後から徐々に増加傾向を示し, 座り直し後圧力総和は減少するが, その後徐々に増加傾向を示す. この座り直し後の徐々に増加していく傾向は, 走行全体で数回確認できる. 被験者AとBは座面荷重中心の変化傾向が異なったが, 臀部の圧力総和の変化傾向には差が出なかった. そこで, ドライバの臀部の圧力変動は同様な傾向を示しているため, 他の指標との対応を見るために被験者Aの結果を用いる.

4.3 覚醒度評価方法

まず臀部に関して覚醒度が高い場面Aと覚醒度が低下している場面Bのシート圧反力の3Dグラフを示す(Fig.9). 2つの3Dグラフより, 場面Aに比べ場面Bでは左臀部の高圧力の部分が増加していることが確認できる. そこで, 場面Aと場面Bの臀部の圧力中心点を求め, その点を含む進行方向と垂直になる面での圧力分布を示す(Fig.10). 図において左側が右臀部である. これより, 覚醒度が低下している時に右臀部のピークが下がり, 左臀部のピークが上がり, また左右の外側の反力が高くなっていることが確認できる. 次に, この場面で用いた体圧分布測定におけるピクセル(104mm²)の個数を圧力値の範囲分けを20(Row値)間隔で行い, ある範囲内のピクセル数を調べた(Fig.11). 高圧力値での検討を行うため閾値を40(Row値)と決めた. これより, 60~80(Row値)のピクセルの増加が確認できる. つまり, 覚醒度が低下することで, 左右の臀部の圧形状が変化し, また圧力面積が広がっていることが確認できた. これにより, 覚醒度の低下をシート圧力の面の情報とピーク値などの形状情報で評価できる可能性を示した. 次に時系列的な評価法としてFig.10で示した左右の臀部のピーク値の全走行時の変動と, 場面Aと場面Bから3分間の結果を10秒間隔で表した図をそ

れぞれFig.12, Fig.13に示す. Fig.12は左右の臀部のピーク値を示している. 図より, 覚醒度が低下している場面で, 左臀部ピーク値の増加が確認できる. これを用いることで覚醒度が低下している場面を抽出できる可能性がある. 次に, ピーク値に着目し, Fig.13より覚醒度が高い場面Aでは確認できない大きな変動が覚醒度が低下している場面Bでは確認できる. これにより覚醒度が低下して入眠時に起きる体の揺れを捉えられた.

以上より, シート圧反力を用いドライバの覚醒度を計測できる可能性を示した.

5. 結論

シート座面の圧力分布変化に着目し, 覚醒度の低下を抽出する手法について検討を行った. シート圧反力の臀部圧力分布, ピーク変動などの面情報と,

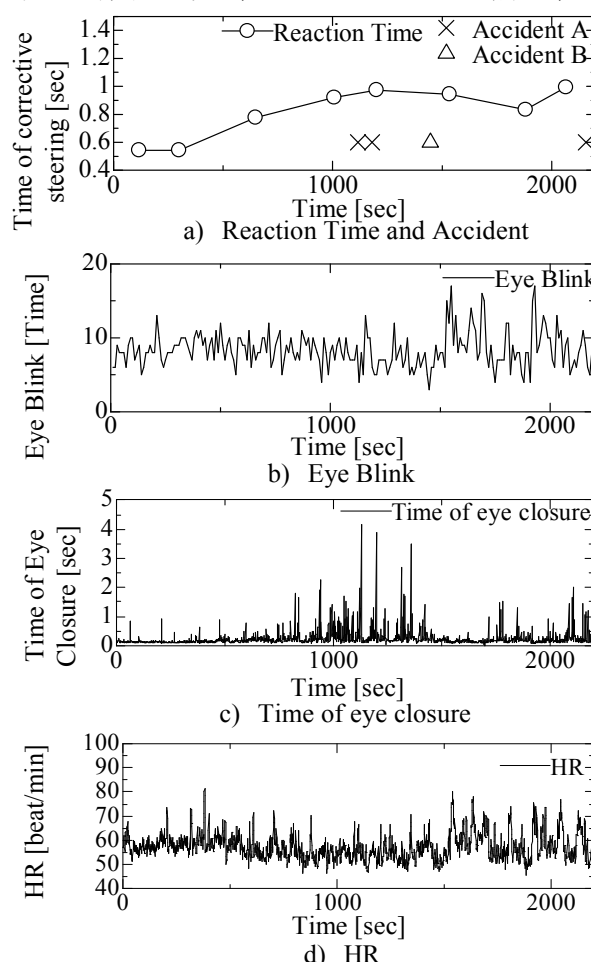


Fig.4 Indicator of Driver's Arousal Level

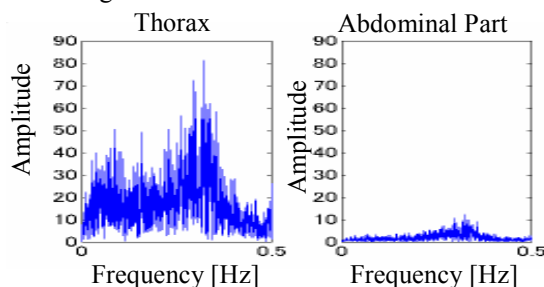
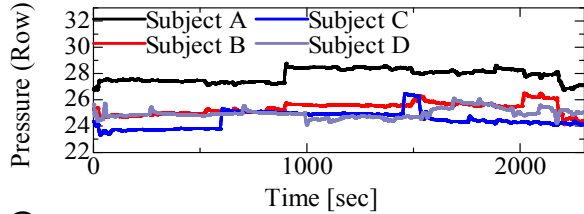
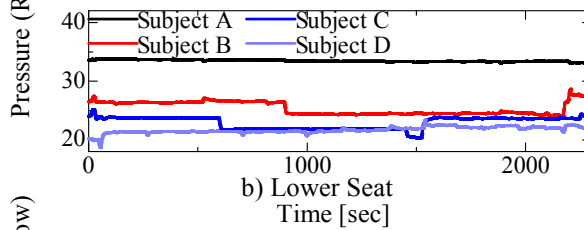


Fig.5 Result of Frequency Analysis

ピーク値、圧力分布変動などの形状情報に注目することで、覚醒度の低下を計測できることを示唆した。また、ドライバの入眠時に起こる前後に揺れる動きなどの情報も有用であると考えられる。今後は、シート反力で覚醒度レベルの評価を行う手法の検討を行う必要がある。

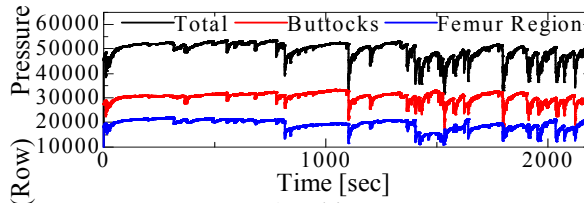


a) Back Seat

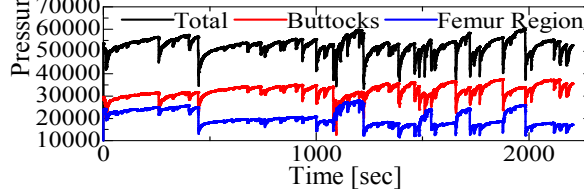


b) Lower Seat

Fig.6 Center Fluctuation of Pressure

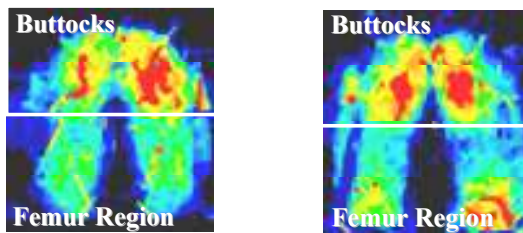


a) Subject A



b) Subject B

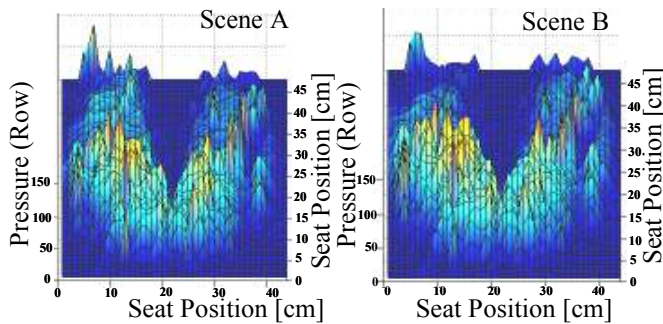
Fig.7 Pressure Fluctuation



a) Subject A

b) Subject B

Fig.8 Seat Pressure



a) Subject A

b) Subject B

Fig.9 Seat Pressure [3D]

参考文献

- (1) 高橋宏：「ITS」車両高度化のためのITS技術-車両制御技術を中心に-, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.7, No.1, Page11-16 (2005.02.25)
- (2) 奥島美帆, 長野英治, 佐々木隆, 田口敏行, 榊原清美：ドライバの覚醒度検出手法の研究, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.99-04, Page11-14(2004)
- (3) 熊倉佐恵, 原徹, 五井美博：瞬き閉じ時間を用いた自動車運転時の覚醒度評価手法, 自動車技術会論文集, Vol.29, No.1, Page155-159 (1998.01)
- (4) 有光知理, 佐々木健, 保坂寛, 板生清, 廣田輝直, 中川剛, 河内泰司：眼球運動計測を用いた安全運転環境システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.7, No.4, Page507-512 (2005.11)
- (5) 古郡了, 吉澤公理, 稲目力, 三浦泰彦：シート着座接触圧を用いた長時間運転時のドライバの疲労推定, 自動車技術会論文集, Vol.35, No.4, Page197-202(2004)
- (6) 田村博：ヒューマンインタフェース, オーム社, pp.54-65, 1998

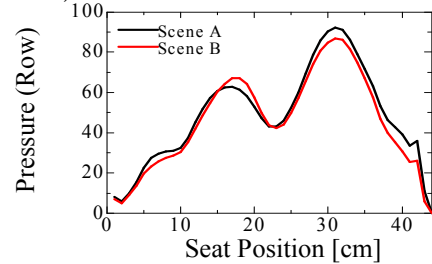


Fig.10 Distribution of Seat Pressure

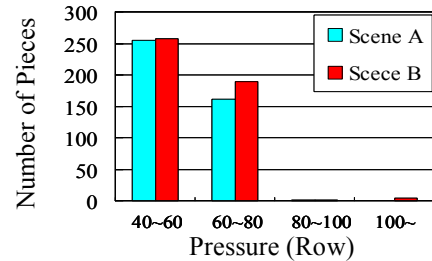


Fig.11 Distribution of Seat Pressure

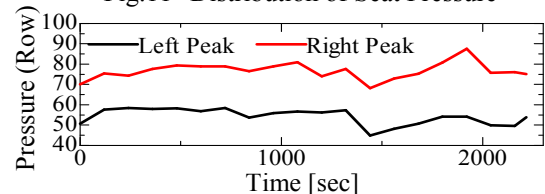


Fig.12 Displacement of Peak Points

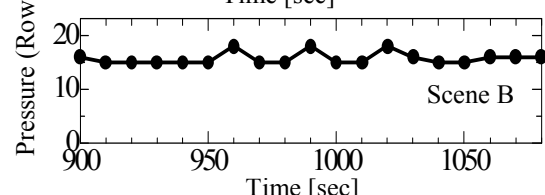
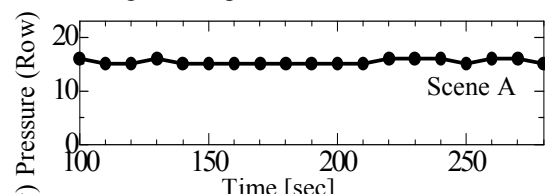


Fig.13 Displacement of Maximum Load Value