

ドライバの眠気感知に関する研究

奥本泰久*、平松大明*

Study on Perceiving Driver's Drowsiness

Yasuhisa Okumoto, Hiroaki Hiramatsu

Synopsis

As a first step of the study to prevent drowsy driving by utilizing some kinds of warning, the experiments to detect the sleepiness of drivers were performed using the brain waves (EEG), the frequency of blink, the skin conduction, and the skin temperature of a face. As a result, it was understood that the EEG and the skin temperature of a face were difficult to detect the sleepiness of drivers, because the former needs special equipment on the head of a driver, and the latter is inappropriate with the accuracy of sleepiness perception of the driver. From the experiments, the frequency of blink and the skin conduction can be expected for the system to prevent drowsy driving.

Key Word: Drowsy driving, Bioinstrumentation, EEG, Frequency of blink, Skin conduction

1. 緒言

近年の交通事故原因を警視庁の統計から調べてみると、「原付以上運転者の法令違反別死亡事故件数等の推移」では、「漫然運転」が最も多く全体の事故件数のうち約15%となっている。次いで、脇見運転、安全不確認、運転操作不適、最高速度違反等の順となっている¹⁾。漫然運転には居眠りが主たる要因と考えられ、従来から居眠り運転の防止策が各所で研究されている。

本研究では、眠気の要因を、皮膚伝導、瞬き回数、脳波、筋電、サーモグラフィーなどの生体計測で解析

し、居眠り防止システムの基礎データを得た。計測結果これらの生理データの内、皮膚伝導や瞬き回数の計測がドライバの眠気防止対策に有効であることがわかった。

2. 評価、解析方法

2.1 眠りとは

眠りとは、動物全般にみられる行動で、移動や外界への注視など様々な活動の低下を特徴とする。

睡眠中は、交感神経系活動が抑制され、副交感神経

* 近畿大学工学部知能機械工学科

Department of Intelligent Mechanical Engineering,
Faculty of Engineering, Kinki University

系活動が亢進する。眠くなり、眠りはじめると副交感神経系活動が亢進するため、末梢の血管が拡張する。一般に緊張や興奮時に交感神経系の活動が亢進するが、リラックス時には副交感神経系の活動が亢進すると言われている²⁾。

睡眠は Fig.1 に示すように、意識がある覚醒期 (Stage wake) から「うとうと」状態となり睡眠段階 1 (Sleep stage 1) に入る。この後意識無し状態になって睡眠段階 2 (Sleep stage 2) に至る²⁾。本稿では睡眠段階 1 における生体の変化について検討する。

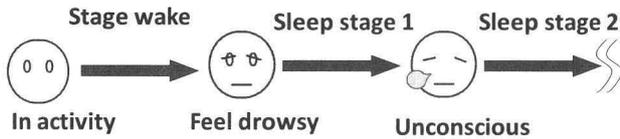


Fig.1 Stage of sleep

2. 2 脳波による入眠時の評価

脳波とは、脳の活動時に発生する微弱な信号波形のことで、複雑な形をしているが、その中に含まれる周波数成分で整理すると、以下のようなになる (低周波成分のみ記す)。

- ・1~3Hz: δ 波…熟睡・無意識状態に多く発生する。
- ・4~7Hz: θ 波…眠気が強い場合に目を閉じた時に出現する。
- ・8~13Hz: α 波…目を閉じて安静にしている時に出現、閉眼時に眠気を感じると減少する。眠気が強い場合には閉眼時でも出現する。

閉眼時に眠気を感じると α 波の割合が減少し、 θ 波の割合が増加することが知られており、 θ 波は眠気の測定に最も有効で確実な指標と言われている。主に、他の指標の医学的整合性を検証するために使用することが多い³⁾。今回の実験でも θ 波の含有率から眠気を評価する。

2. 3 瞬きによる入眠時評価

脳波と並び、眠気の計測に最も有効とされる指標に眼球運動がある。眠気が生じる数十秒前に遅い眼球運動が生じることが知られている。目じりに電極を固定し、眼電位から眼球運動を測定する方法の他、非接触のビデオ画像を用いた画像認識により測定する方法も研究されているが³⁾、微細な眼球運動を検知することはかなり難しい。そこで眼球運動と関係があり、画像認識がより容易な瞬きを指標にする研究がなされている。眠気の増加と共に瞬きの回数が増えるという傾向があるため、今回の実験では瞬きの回数をビデオカメラで撮影し、眠気との関連性を調べた。

2. 4 皮膚伝導による入眠時評価

汗腺活動に伴って生じる電気的変化を測定したものが皮膚電気活動である。汗腺活動は交感神経の活動を受けている。入眠期の覚醒水準の低下に伴って皮膚電位水準も低下するが、緊張すれば交感神経が働き、覚醒が高くなる。また、リラックスすれば副交感神経が

働き、意識が低下し、眠りに近付いている。本研究では Fig.2 に示す皮膚伝導センサ (SC-Flex/Pro) を用いる。人差し指と小指にセンサを装着している。SC (Skin Conduction) は人の交感神経の変化を表し、人の緊張状態、リラックス状態によってそれに比例するように増減する。したがって、意識の高さもその増減から読み取ることができる。また、単位としては「シーメンス (Siemens)」を用いる。これはコンダクタンス (電流の流れやすさ) の単位である。

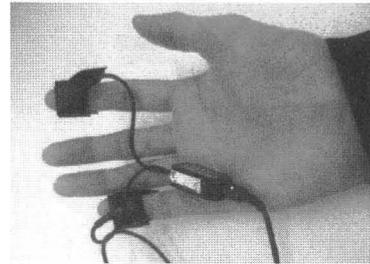


Fig.2 Measurements of skin conduction

2. 5 体温による入眠時評価

精神的負担を感じると鼻部の表面温度が低下することや⁴⁾、眠りにつく直前に体温が低下することが報告されている。皮膚温はサーモグラフィーで測定することができるため、ドライバを拘束することなく計測することができる。しかし、気温の変化を受けやすいため正確な体温を評価することが難しい。また変動が緩慢なため、鋭敏にとらえる指標になりにくいと言われる³⁾。今回の実験ではサーモグラフィーを使用し、実験結果から評価に適しているか検討した。

3. 脳波による入眠時の評価実験

3. 1 実験内容

本研究では、脳波計を使用し姿勢による脳波の違いを調べた。脳波計はProComp Infinityを、解析ソフトはBioGraph Infinityを用いた。被験者がソファに座った状態を Fig. 3(a) の姿勢 1 とし、寝た状態を Fig. 3(b) の姿勢 2 とした。Fig. 3(a) は常に意識があり、背筋を伸ばし緊張した状態であり、Fig. 3(b) はリラックスした状態で意識がない時もある。研究環境は静かな室内で室内温度 26℃、室内湿度 53% であった。



(a) Posture 1

(b) Posture 2

Fig.3 Test conditions

3. 2 実験結果

θ波含有率の時間別変化をFig. 4に示す。Posture2では400sec経過時点でθ波の割合が増加し眠気が生じていることが分かるが、Posture1ではθ波の割合に変化はみられない。すなわち、姿勢によって眠気の起き方が変化することが分かる。しかし、計測のためには被験者(ドライバ)を安静状態にする必要があり、かつ、脳波計の装着を必要とするため車の居眠り探知機として利用することは難しい。

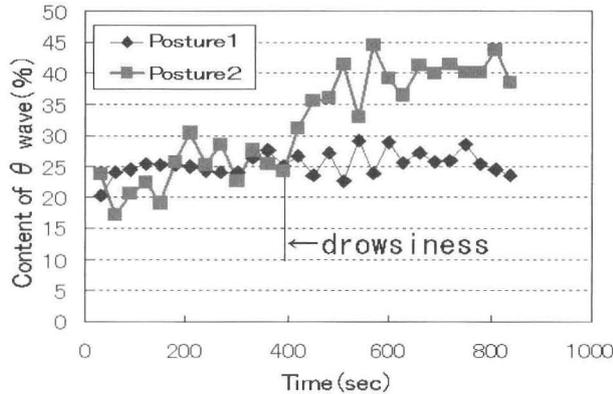


Fig. 4 Content of θ wave

4. 瞬き、皮膚伝導による入眠時の評価実験

4. 1 実験内容

皮膚伝導の計測装置は、前述の脳波測定と同様とした。実験は、緊張時とリラックス時の2姿勢で行った。Fig. 5(a)は背筋を伸ばして緊張して座った状態、Fig. 5(b)はリラックスして椅子に座った状態である。共に、開眼状態でFig. 6の風景写真を約15分間眺めた。その時の瞬きの回数をカメラで映し、同時に皮膚伝導を皮膚伝導センサで計測した。研究環境は静かな室内で室内温度25℃、室内湿度53%であった。



(a) Posture 1 (b) Posture 2
Fig. 5 Test conditions

4. 2 実験結果

実験で得られた瞬きの回数をFig. 7に、皮膚伝導の変化をFig. 8にそれぞれ示す。Fig. 7から、Posture2のリラックスした状態では5分を過ぎた時点から急激に瞬きの回数が増えていることが分かる、また、Fig. 8でも、皮膚伝導も低い数値を記録し、両者の結果Posture2では眠気が生じていることが分かる。カメラの映像からも眠りかけている様子が確認できた。

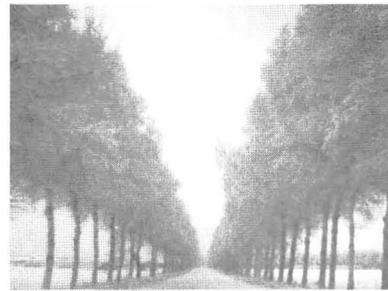


Fig. 6 Screen

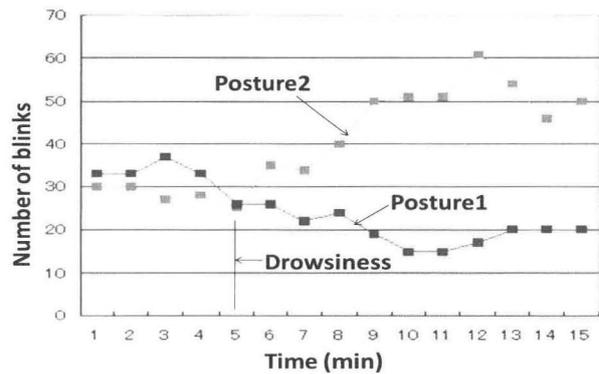


Fig. 7 Number of blinks

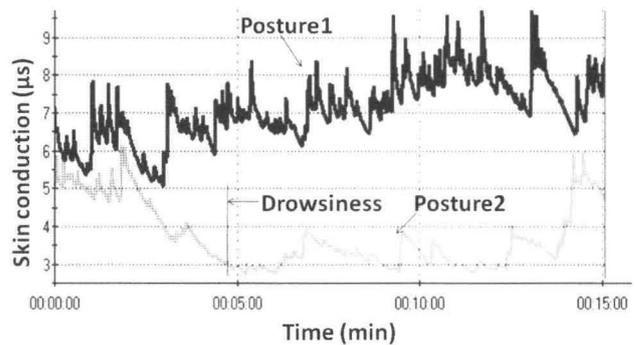


Fig. 8 Skin conduction

一方、Posture1の緊張した状態では、瞬きの回数は少なく、皮膚伝導の数値は高い。被験者の感想も眠気を全く感じなかったということである。したがって、瞬きの回数の少なさ、皮膚伝導の数値の高さが意識の高さを表すことを確認できた。

5. サーモグラフィーによる入眠時の評価実験

5. 1 実験内容

前章と同じように、背筋を伸ばして緊張した状態Posture 1 (眠りにくい) とリラックスして座ったPosture 2 (眠りやすい) の2種類の姿勢でFig. 6の写真を30分間眺めた。この時サーモグラフィーを使って、鼻頭、頬の皮膚温の変化を調べた。それと同時に皮膚伝導、瞬きの回数も調べた。

5. 2 実験結果

鼻頭、頬の皮膚温を Fig. 9、Fig. 10 に、皮膚伝導を Fig. 11 に示す。

皮膚伝導では Posture 1、2 によって意識の違いをみる事ができた。それに対して、サーモグラフィーの皮膚温では鼻頭、頬ともに皮膚温の差はあるものの眠りとの共通性を見つけることができなかつた。その結果、眠りを探知する機器として利用することは困難であると考えられる。

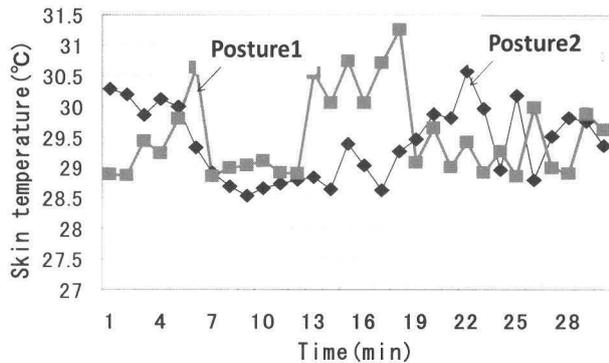


Fig.9 Temperature of nose surface

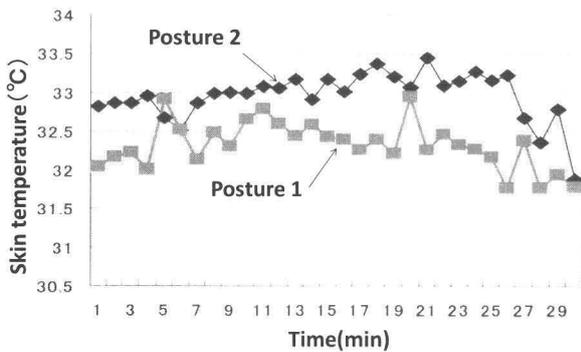


Fig.10 Temperature of cheeks

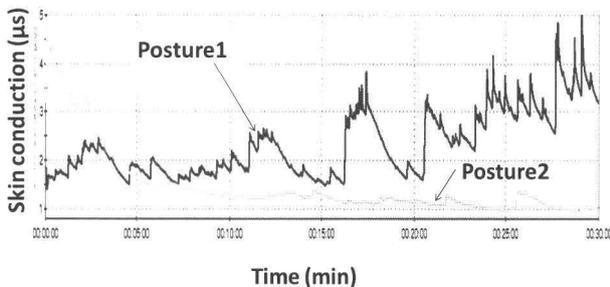


Fig.11 Skin conduction

6. シミュレーションソフトを使用した実験

6. 1 実験方法

ドライビングシミュレーションソフトを用いて、自動車の走行模擬実験を行った。Fig. 12 に実験の様子を示す。直線の多い道とカーブの多い道を想定し、眠気がどのように起きるかを皮膚伝導で解析した。



Fig.12 Simulator

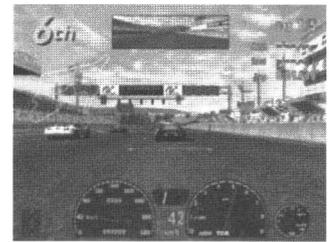


Fig.13 Display image

2人の被験者 A、B に皮膚伝導センサを装着し、シミュレーションソフトを用いて直線の多い道、カーブの多い道をそれぞれ 15 分間ずつ計測した。Fig. 13 は走行実験の画面である。

6. 2 実験結果

直線とカーブの多い道での皮膚伝導の変化のグラフを Fig. 14、Fig. 15 示す。Fig. 14 に被験者 A の皮膚伝導の変化を、Fig. 15 に被験者 B の皮膚伝導の変化を示す。いずれも、直線道では皮膚伝導の値がカーブの多い道路と比べて低く、眠気を誘発しやすいことが分かる。

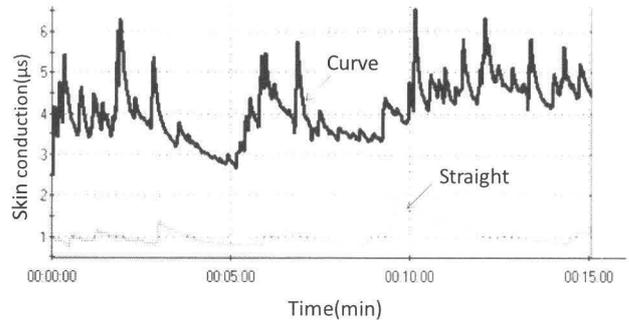


Fig.14 Test results (person A)

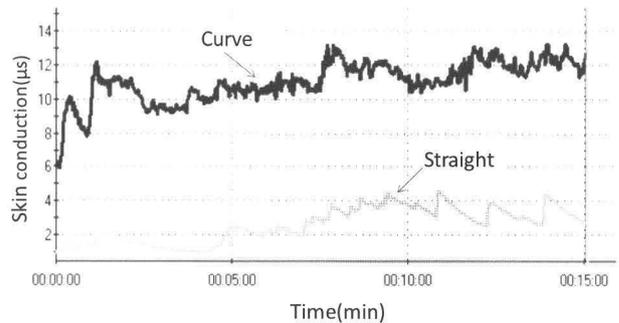


Fig.15 Test results (person B)

被験者 B は被験者 A に比べ最高数値が高いが、共に直線の多い道とカーブの多い道での数値の出方に共通性をみる事ができる。

追加実験で、被験者や画面を各種変えて皮膚伝導を計測したが、同様の傾向が得られた。その結果、直線の多い道、カーブの多い道での皮膚伝導の変化をみる事ができた。

7. 結言

ドライバの眠気を感じ、何らかの警告を行うことによって居眠り運転を防止する研究の第一ステップとして、脳波、瞬き回数、皮膚伝導、皮膚温の生体計測を行った。その結果、脳波は装置の面で（頭にセンサを取り付ける）、皮膚温は眠気感知の精度の面でそれぞれドライバの眠気を探知するには不适当であり、居眠り運転の防止としては瞬き回数および皮膚伝導計測が望ましいことが分かった。

謝辞

サーモグラフィーを使った皮膚温の計測は、広島県立総合技術研究所生産技術アカデミーで行った。担当された横山研究員に謝意を表します。

参考文献

- 1) 警察庁交通局：第1交通事故の概況、
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku78/gaiyou.pdf>
- 2) 堀 忠雄：睡眠心理学、北大路書房、pp.35-71、(2008)
- 3) 永作浩：体動情報に基づくドライバの漫然運転検出、
<http://www.risk.tsukuba.ac.jp/thesis/master/h17/200430148.pdf>
- 4) 奥本、中村、坊岡、高尾：リハビリ機器使用時の快適性評価に関する基礎的研究、日本感性工学会論文集 Vol.18 No.2、pp.303-309