

# 脳波計測を用いたドライビングシミュレータによるドライバの負荷推定

梶原伸治\*, 田 敏 紘 信\*\*

## The Presumption for Driver's Stress based on Measurement of EEG in Driving Situation on Simulator

Shinji KAJIWARA\*, Hiroaki TAKUWA\*\*

It is problem that sensory evaluation can't sufficiently express man's subjectivity. Then, measurement of the electroencephalogram is an effective method. The purpose of this study is to evaluate mental workload about increasing speed 60km/h to 120km/h and state of pseudodrinking with a driving simulator. Subjects entered the state of pseudodrinking putting on special glasses. The principal component analysis of the sinciput beta wave and the emotion spectra analysis were done by using the electroencephalogram. The result of the principal component analysis was assumed to be a level of concentration and the result of the emotion spectra analysis was assumed to be a level of relaxation. As subjects feel in a strong stress, a level of concentration is going up and a level of relaxation is falling. It is clear that these values are correlated with each other.

**Key words :** Electroencephalogram, Beta Wave, Emotion Spectra, Driving Simulator, Stress, Pseudodrinking

### 1 緒言

これまで自動車運転時における運転負荷がドライバにおよぼす精神的負荷の評価手法において、そのほとんどが記述式の官能評価を用いていた。しかし、従来手法の適用では被験者の主観を忠実にとらえているかという点で限界があり、問題視されてきた [1]。そこで、人間の生体情報を用いたドライバの精神状態推定に関する研究が行われるようになってきた [2-4]。生体情報を取り入れることで、ドライバの状態を直接的に把握でき、環境情報や操作情報からは取得でき得なかったドライバの内面に関する情報が取得できるようになってきている。中でも脳波はその情報量の多さゆえに有用な生体情報として注目を集めている [4]。

本研究では、モーション機能付きドライビングシミュレータを用いて脳波計測による走行実験を行った。さらに、スペクトル解析を用いて運転負荷が人におよぼす影響を明らかにした。

### 2 実験方法

まず本研究で用いたドライビングシミュレータ（以下、DS と略す）と測定に用いた脳波計の構成について示し、次に実験条件について述べる。

#### 2.1 ドライビングシミュレータの構成

本研究で用いた DS は前方の白壁にプロジェクタで走行環境を映し、ヘッドホンにて走行音を提示、ハンドル、アクセル、ブレーキにより操作を行う。また、この DS ではピッチングとヨーイングが再現できるようになっている。

#### 2.2 脳波計の構成

本研究では、脳波の計測装置として(株)脳機能研究所の ESA-16 Basic を用いた。頭皮に装着する皿電極には、一般医療機器として使われる GE 横河メディカルシステム(株)の頭皮脳波用電極を用いた。装着位置については Fig. 1 に示すとおり国際 10-20 電極配置法にしたがい、右耳朶を基準とした 10 チャンネルにてサンプリング周波数 60Hz でデータ収集を行った。DS の構成および脳波計の設置位置について Fig. 2 に示す。

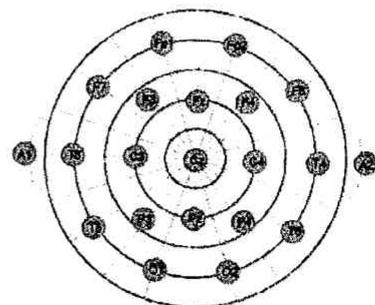


Fig. 1 10-20 system of electrode placement [5]

平成 21 年 6 月 25 日受理

\* 機械工学科

\*\* 総合理工学研究科メカニクス系工学専攻

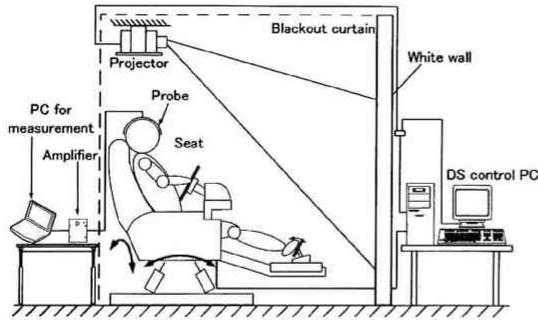


Fig. 2 Experimental device

### 2.3 実験条件

モーション機能付きドライビングシミュレータを用いて1周約2.6kmの一般的なオーバルコースを常時60km/hで走行し、同時に脳波計測を行う。この後、走行速度の違いによる精神的負荷を評価するために①120km/hによる高速走行、または、走行環境の違いによる精神的負荷を評価するために②擬似飲酒状態での60km/h走行の2パターンでの走行実験を行った。ちなみに各タスクは2分間ずつ実施した。

ここで、擬似飲酒状態とはFig. 3に示す米国HEALTH EDCO社のDrunk & Dangerous Glassesを装着することで再現した。これを用いることで焦点のずれ、視界の湾曲等の効果が得られ、平衡感覚を不能状態にできる。定点カメラによる眼鏡の視覚効果をFig. 4に示す。

なお、実験の被験者は実車を運転する機会が週2回程度ある20歳代前半の男性4人(A, B, C, D)で行った。

## 3 解析方法

### 3.1 脳波の種類とβ波抽出

人間の脳は、様々な周波数からなる電気の振動を常に発しており、それらは周波数帯域ごとに名前がつけられ、



Fig. 3 Drunk &amp; Dangerous Glasses

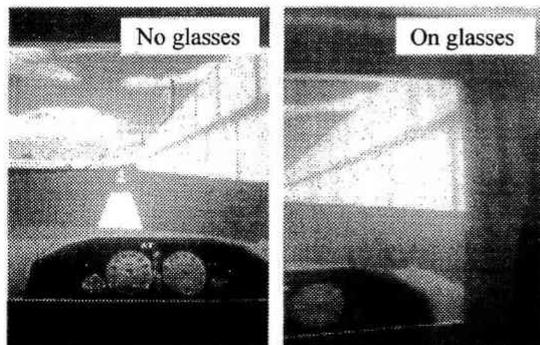


Fig. 4 Drunk vision

それぞれ異なった生理学的な意義を有している。5~8Hz帯のθ波は一般にまどろみ時によく現出し、深いリラックス状態でも現れる。8~13Hz帯のα波は閉眼、安静、覚醒状態でより多く観察され、逆に精神活動時、緊張時には減少する。13~20Hz帯のβ波は、精神活動時や緊張状態の時、多少のストレスがある時に優位になる脳波である。

モーション機能付きドライビングシミュレータを用いて計測を行った場合、ドライビングシミュレータの駆動ノイズが発生するため、解析を行うときはノッチフィルターでノイズを除去し、周波数帯をこれら3つの連続した脳波が抽出できる5~20Hzに限定した。

本実験では、ストレスと強い関係があると示唆されている[6]β波に着目し、精神機能中枢を担っている前頭部位より抽出、主成分分析を行ったこれを集中度とした。

### 3.2 感性スペクトル解析

脳波において個人差は無視できず、特に脳波振幅の絶対値やα波の現出具合には個人差があり、そのため、解析結果にバラツキが生じてくる。そこで、感性スペクトル解析を用いることで個人差に影響され難い共通の特徴を取り出すことが可能となる。この感性スペクトル解析法とは、頭皮上の電位部位パターンを電極間相互相関係数という個人間の脳波振幅の大小による影響を受け難いパラメータで数値化し、学習アルゴリズムを用いて喜怒哀楽を取り出すものである。具体的には、計測に使用している10個の電極の中から2個の電極を取り出して ${}_{10}C_2=45$ 通りの組み合わせを5~20Hz帯の3つの連続した脳波θ波、α波、β波のそれぞれについて求める。つまり $45 \times 3 = 135$ 個の相互相関係数値( $Y_1, Y_2, \dots, Y_{135}$ )が得られる。この中から感性要素である喜怒哀楽に関する4つの特徴量を重ね合わせの原理に基づき導出する。これを定式化すれば、4つの感性要素のレベルをそれぞれ $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ として、以下のように $Y_1, Y_2, \dots, Y_{135}$ に重み付け係数を乗じて求められる。

$$Z_1 = C_{1,1}Y_1 + C_{1,2}Y_2 + \dots + C_{1,135}Y_{135} \quad (1)$$

$$Z_2 = C_{2,1}Y_1 + C_{2,2}Y_2 + \dots + C_{2,135}Y_{135} \quad (2)$$

$$Z_3 = C_{3,1}Y_1 + C_{3,2}Y_2 + \dots + C_{3,135}Y_{135} \quad (3)$$

$$Z_4 = C_{4,1}Y_1 + C_{4,2}Y_2 + \dots + C_{4,135}Y_{135} \quad (4)$$

ここで、 $C_{ij}$ は学習アルゴリズムで用いる重み付け係数である。これらの式より、係数は全部で540個となるが、本実験では喜怒哀楽の中でも“楽”に着目し、この感性要素のレベルを安らぎ度として次式のように表した。

$$Z_1=0, Z_2=0, Z_3=0, Z_4=1 \quad (5)$$

なお、脳波は時々刻々と変化するものであり精神的負荷が短時間で変化するわけではないため、解析時間単位は一般的に用いられている5.12秒とした。

### 4 結果および考察

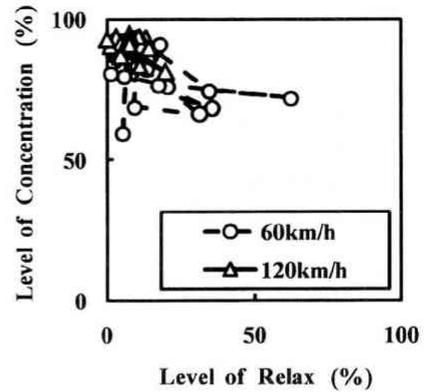
縦軸に主成分分析により得られた前頭部β波による集中度、横軸に感性スペクトル解析により得られた安らぎ度をとった各実験のリサーチ波形を Fig. 5 に示す。Fig.5(a), (b)には 60km/h と 120km/h における被験者 A, B の結果をそれぞれ示す。また、Fig.5(c), (d)には 60km/h での通常の状態と擬似飲酒状態の被験者 c, d の結果をそれぞれ示す。なお、実験は被験者 4 人に 2 パターンずつ全ての組み合わせで実験を行ったが、4 人はほぼ同じ結果を呈した。これらの図より、定常走行時には集中度と安らぎ度が刻々と変化しており、脳波状態はきわめて良好といえる。これは人間の脳は常にそれ自体の諸所と交信しているのが正常状態であり、特定の場所に集中して負担がかかることはないためである [2]。一方、運転負荷をかけた場合は Fig. 5(d)を除いて集中度は上がり、また、安らぎ度に関しては全ての場合において一様に下がっており、負担を感じて強い緊張状態にあったと推測できる。次に、Fig. 5 の集中度と安らぎ度の各相関係数を求めたものを Fig. 6 に示す。この図より、集中度と安らぎ度は相関係数 0.5 以上と強い相関係数があることが解った。これより、主成分分析により得られた前頭部β波による集中度と感性スペクトル解析により得られた安らぎ度という異なる 2 尺度において相関があり、これらを用いることでドライバの負荷推定が可能となると思われる。

### 5 結言

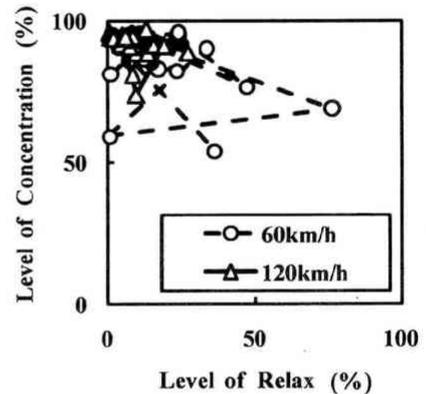
本研究により、運転時ドライバに運転負荷がかかると安らぎ度は低下し、そのほとんどの場合で同時に集中度は上昇することが解った。よって、ドライバの精神的負荷評価手法としての有用性を示した。得られた知見を以下にまとめる。

1. 脳波を用いた感性スペクトル解析によって精神負荷の観察が可能である。
2. 運転負荷により安らぎ度は一様に下がる。
3. 運転負荷によりほとんどの場合で集中度は上がる。
4. これら 2 水準が相関した場合、精神的負荷を感じ強い緊張状態にあったと推測できる。

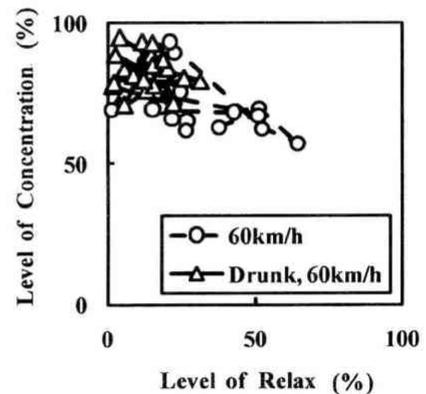
今後の課題として、被験者を増やして信頼性のさらなる検証と、より複雑な運転負荷に対するドライバの感性評価が必要とされる。



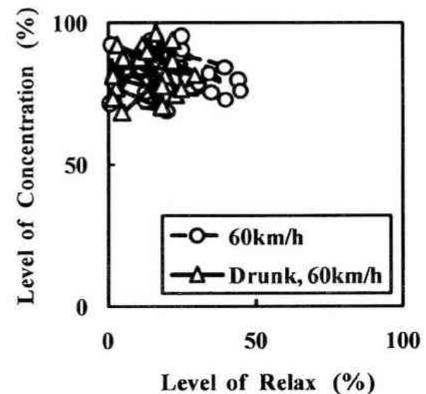
(a) Speed drive of subject A



(b) Speed drive of subject B



(c) Drunk drive of subject C



(d) Drunk drive of subject D

Fig. 5 Lissajous's waves

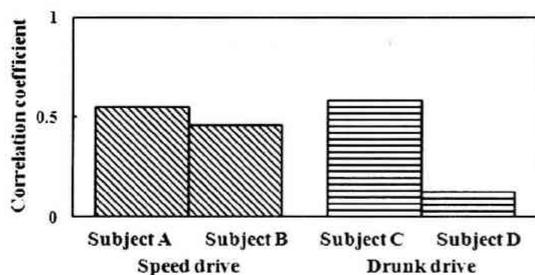


Fig. 6 Correlation coefficient

### 参考文献

- 1) 天坂格郎, 長沢伸也: 「官能評価の基礎と応用」, 日本規格協会, 東京 (2000) 432.
- 2) 武者利光: 「人が快・不快を感じる理由」, 河出書房新社, 東京 (1999) 185.
- 3) 大須賀美恵子, 鎌倉快之: ヒューマンインタフェース学会誌, **10** (2008) 227.
- 4) 桶谷哲哉, 加藤光博, 高野博史, 中村清実: 信学技報, **107** (2007) 17.
- 5) H.H. Jasper : *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **10** (1958) 371.
- 6) 石井康夫, 山下剛, 荒賀裕: *Honda R&D Technical Review*, **14** (2002) 181.