

脳波分析による潜在的事故発生箇所検出の可能性 \*  
Possibility for finding latent points traffic  
accidents happen by means of analyzing drivers'  
E. E. G

奥谷 巖 \* \*  
鈴木 範夫 \* \* \*  
真鍋 昌彦 \* \* \* \*

B Y

Iwao OKUTANI  
Norio SUZUKI  
Masahiko MANABE

On analyses of traffic accidents, we are apt to analyze them without factors of drivers. But, traffic is not thinkable except driver. So, we adopted drivers' brain-wave data; EEG and computed discriminant functions between safe and danger points on the road.

Drivers'  $\alpha$ -wave is very important for the analyses.

## 1. 序論

現代社会において交通事故という偶発的な産物は、その起因要素から考えてみると、一側面から推し量ることのできない多種多様な形態へと展開している。行政サイドにおいては、交通事故一件一件について綿密な調査を行い徹底的にそのメカニズムを解明するべく、ドイツスタイルの調査機関が設立されたり、各種研究機関においては、更に様々な角度から交通事故をとらえ、様々な方向にその主眼をおき、様々な方法で解析、評価し、その結果から各方面へ問題を提起し続けている理由はそのような考えに基づくものであろう。しか

しながらまれな現象である交通事故であっても、そこには必ず運転者が存在している。つまり、運転者を軽視する外面的な調査分析だけでは計れない何かが内在しているものと考えることが重要なのではないだろうか。

交通事故と、その要因とを関連させて分析するには、その性格上マクロ分析とミクロ分析とに大別することができる。従来の研究においては、事故発生特性に寄与する種々の要因を分類しそれぞれについて分析を行うことによって、全体的な事故対策の優先順位を見いだすものや、それらの事故対策がそれぞれどのように事故防止に貢献しているのかについて、数多くの過去のデータを統計処理することによって明らかにしようとするもの等、マクロ分析に類するものがその大多数を占めていた。そこで本研究においては、ミクロ的な立場から、交通事故を分析あるいは予測し、交通事故防止に、新たな一提言をしようとするものである。

ミクロ分析において交通事故は、「人」、「車」、

\* キーワード：脳波データ採用  
\*\* 正会員 工博 信州大学教授  
工学部社会開発工学科  
\*\*\* 信州大学大学院社会開発工学専攻  
\*\*\*\* 信州大学大学院社会開発工学専攻  
(380) 長野市 若里 500番地

「道路環境」の三要素が主要因となっている。そこでこのうち「車」については、他機関の研究に期待するものとして、我々は、特に「人」と「道路環境」の関連について取り上げることにした。「人」については、車を運転する「運転者」に焦点を当て、「道路環境」については、「道路構造」に主眼をおいて「運転者」と「道路構造」との関連を精神物理学的に分析し、「道路環境」の評価すなわち、その安全性あるいは、潜在的な危険性の検出に、寄与しようとするものである。従来「人」という要素については、単なる交通事故発生 の 個 体 としての存在のみとしてしか、分析上取り扱われていない例が多い。つまり、運転者個々の内面にまで遡上した分析が必要となってくるであろう。そこで、“精神物理学的に”と表現したように、我々は、「運転者」について、生理学的指標であるところの運転中の運転者の脳波（EEG）を、データとしたのである。

## 2. 脳波について

ここで、脳波について若干の説明をする。

筋肉の活動における筋電図と同様に、脳が活動すると、電気的変化が生じ、この脳の電気的活動を記録したものを脳波と呼び、様々な周波数や波形を持つ多くの要素から構成されている。脳波を観察する上で、最も重要、あるいは、人間の精神的な情動を、観察する上で無視できないものは、周波数帯別脳波の出現率であろう。

医療分野において脳波は、徐波（ $\sim 7\text{Hz}$ ）、 $\alpha$ 波（ $8\sim 13$ ）、速波（ $14\sim$ ）に大別されている。

$\alpha$ 波は、脳波の基準となる波で、正常成人の覚醒、安静、閉眼時に出現し、逆に生体にとって意味のある刺激（光刺激、精神作業等）は、 $\alpha$ 波の減衰を起こすものである。

徐波は、覚醒状態にある正常成人には殆ど出現することはないが、睡眠時あるいは、 $\theta$ 波（ $4\sim 7\text{Hz}$ ）は精神作業の負荷時、情緒的に不安定な状態にある場合に出現する。

速波は、正常成人の覚醒時、入眠時に $\alpha$ 波と共に出現するが、末梢の四肢を動かそうとすると減衰が一時起こる。

## 3. 実験対象道路区間

本研究の目的は、任意の道路区間において、将来交通事故が発生するかどうかの判定を、運転者の脳波データと道路環境から行おうとするものである。そこで、国道19号線（長野・松本間）における、交通事故内容が記載されている平面線形図より、実際に交通事故が発生し、道路線形が影響しているであろうと考えられる区間を18カ所選び出し、「事故区間」とした。逆に、安全性が高く事故が発生しにくいと考えられる、見通しの良い直線区間を国道19号線及び国道18号線から9カ所選び出し、「安全区間」とした。さらに、国道19号線より、実際には事故が発生していないが、道路線形を考慮して事故が発生する危険性があると考えられる区間を16カ所選び出し、「推定区間」とした。これらは後に交通事故発生 の 危険性を他の2区間から判定しようとするものである。

以上のように事故区間、安全区間、推定区間、合計43区間を対象道路区間とした。

## 4. 実験方法

今回の実験においては、自動車を所有する21才 $\sim$ 25才の男性20人を被験者とした。

脳波の記録方法について説明する。被験者の脳波を記録するためには、脳波計の電極を被験者の頭皮上に装着するわけであるが、今回は、データレコーダの制約より3カ所とした。また、装着部位は、図4-1に示すように、正中前頭部（Fz）、正中中心部（Cz）、正中頭頂部（Pz）であり、基準電極は左耳たぶ（A1）、ボディ・アースは額（Fpz）である。なお、電極装着箇所及び電極記号については、国際脳波学会連合標準電極配置法に基づく。脳波の測定は、実験車の後部座席に脳波計、カセット式データレコーダ、電源として12Vバッテリーを設置し、観測者が同乗し作業する方法によって実施した。被験者によって、実験環境が、異ならないように、実験実施時間は、平日の同時刻（昼間）にした。したがって事故区間の選定については、昼間に発生している事故についての注目し、夜間であるが故に起こった事故の混入を防ぐものとする。

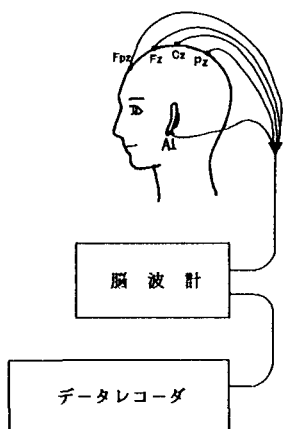


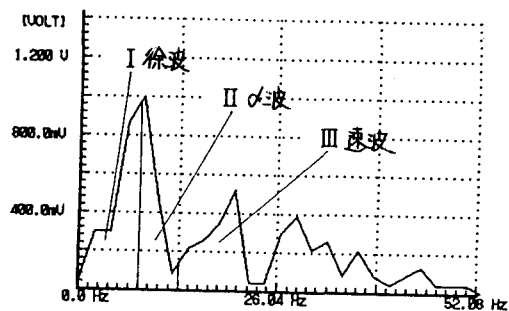
図4-1 脳波計等装着状況

### 5. 道路区間による脳波パワースペクトル特性

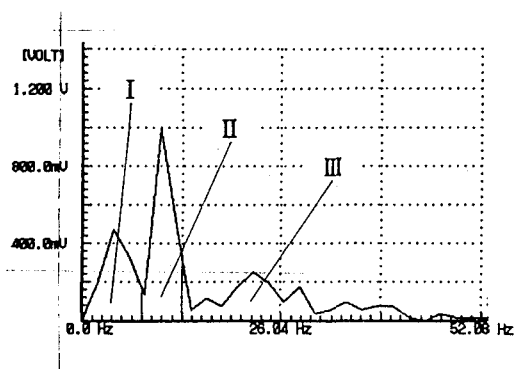
任意の道路区間における運転者の脳波特性を、数学的なデータとして表す必要がある。そこで我々は、いくつかある脳波特性のなかで、その周波数特性に、注目する事にした。脳波データの解析にあたっては、コンピュータソフトウェア「WAVE MASTER II」（カノーブス電子株式会社製）を使用して、Fourier解析を施し、各周波数帯別パワースペクトルを得、脳波特性を量的に表す事とした。図5-1は、事故区間、安全区間走行時の脳波を、パワースペクトルで比較したものの一例である。ただし、パワースペクトル値は正規化してある。

さて、脳波特性をどのように評価材料にするかというと、図5-1からもわかるように、徐波、 $\alpha$ 波、速波それぞれの積分値を評価尺度とした。

ここで事故区間、安全区間における脳波特性を徐波と $\alpha$ 波を用いて比較してみる。図5-2において、各区間での出現量を、徐波、 $\alpha$ 波それぞれについて、区間番号を円周の数字、半径を積分値として、レーダチャートで示している。一見してわかるように、徐波については、事故区間、安全区間に、出現量の明確な差はみられないが、 $\alpha$ 波については、事故区間に比べて安全区間の方が断然出現量が多い。つまり、 $\alpha$ 波は、我々が危険区間と区別した道路環境の何かに反応してその出現に影響を与えたと考えられるのではないであろうか。また、これから進めていく分析において、 $\alpha$ 波に注目する事が重要であろうと考えられる。



(a) 事故区間



(b) 安全区間

図5-1 脳波パワースペクトル

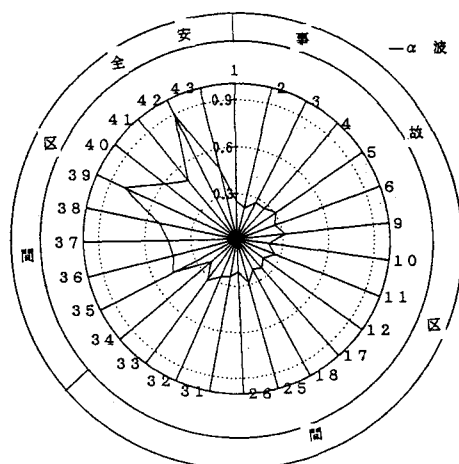


図5-2 各区間の脳波積分値による比較

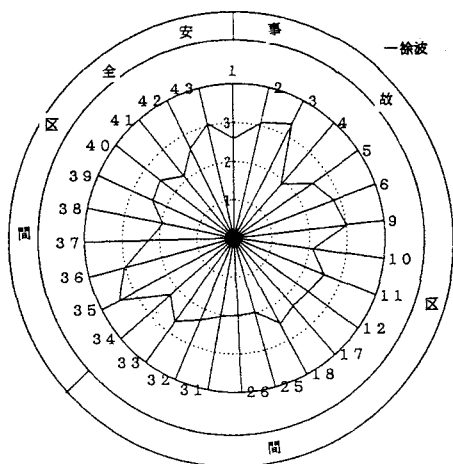


図5-2 各区間の脳波積分値による比較

## 6. 判別分析による道路危険予測の可能性

まず、脳波データのみで判別をしてみる。予測の群は、事故区間（Ⅰ群）と安全区間（Ⅱ群）に分け、説明変数は、徐波、 $\alpha$ 波、速波、の各積分和に分けた3変数とする。また、実験的に、0~50Hzを10Hzづつ5等分、更に7Hzづつ7等分したものについても分析を行ってみた。Ⅰ群とⅡ群の分散・共分散行列が等しいと仮定する。判別状況は、表6-1、表6-2、表6-3に示す。

判別関数のz値は、 $z < 0$ で、安全区間となる。

表6-1 事故区間におけるz値

| 区間 | 3分割  | 5分割  | 7分割   |
|----|------|------|-------|
| 1  | 3.76 | 0.37 | 7.07  |
| 2  | 3.40 | 1.94 | 7.97  |
| 3  | 1.99 | 0.82 | 6.94  |
| 4  | 3.86 | 2.72 | 6.47  |
| 5  | 2.42 | 0.64 | 7.28  |
| 6  | 2.53 | 1.78 | 5.96  |
| 9  | 1.16 | 0.13 | -1.32 |
| 10 | 5.04 | 2.20 | 8.30  |
| 11 | 3.19 | 1.74 | 8.80  |
| 12 | 4.71 | 1.93 | 7.63  |
| 17 | 3.71 | 2.26 | 7.16  |
| 18 | 4.01 | 2.31 | 7.52  |
| 25 | 3.37 | 1.64 | 0.30  |
| 26 | 5.43 | 1.97 | 11.68 |
| 31 | 4.21 | 2.34 | 7.41  |
| 32 | 3.82 | 1.17 | 12.72 |
| 33 | 1.56 | 0.87 | 6.11  |
| 34 | 4.83 | 1.76 | 15.31 |

表6-2 安全区間におけるz値

| 区間 | 3分割    | 5分割   | 7分割    |
|----|--------|-------|--------|
| 35 | -2.73  | -1.73 | -5.57  |
| 36 | -1.08  | -0.35 | -6.35  |
| 37 | -1.05  | 1.60  | -1.28  |
| 38 | -1.32  | -0.36 | -9.17  |
| 39 | -8.60  | -4.30 | -12.10 |
| 40 | -4.28  | -0.28 | -10.93 |
| 41 | -1.51  | 0.41  | -2.86  |
| 42 | -10.21 | -5.50 | -11.99 |
| 43 | -0.72  | -3.80 | -6.41  |

表6-3 推定区間におけるz値

| 区間 | 3分割  | 5分割  | 7分割   |
|----|------|------|-------|
| 7  | 2.50 | 1.37 | 3.64  |
| 8  | 3.28 | 0.92 | 7.07  |
| 13 | 3.28 | 1.32 | 9.17  |
| 14 | 5.41 | 2.25 | 9.08  |
| 15 | 3.10 | 1.56 | 9.55  |
| 16 | 5.18 | 2.40 | 10.49 |
| 19 | 1.94 | 1.80 | 1.10  |
| 20 | 5.99 | 2.64 | 14.33 |
| 21 | 2.76 | 1.03 | 7.79  |
| 22 | 5.43 | 1.98 | 11.58 |
| 23 | 3.51 | 1.64 | 7.68  |
| 24 | 3.21 | 1.30 | 2.00  |
| 27 | 5.64 | 2.23 | 12.41 |
| 28 | 3.15 | 1.29 | 8.83  |
| 29 | 4.71 | 2.69 | 9.18  |
| 30 | 4.05 | 1.87 | 6.56  |

判別結果をみると、3分割の場合事故区間、安全区間において誤判別がない。これは、脳波データを、徐波、 $\alpha$ 波、速波、の各周波数帯別の積分和に分けた3変数が判別に大いに寄与すると考える仮定に基づけば、大いに期待できるものである。

更に、以下に示すような道路環境条件を、説明変数とした場合にも同様に判別分析を行ってみた。

なお、⑤、⑥、⑦、⑩においては、ダミー変数を用い、該当するものには1、該当しないものには0を与える。

- ① 1/曲率半径
- ② 交角
- ③ 縦断勾配
- ④ 走行車線の幅員
- ⑤ カーブ形態（左、右）
- ⑥ 道路左側の沿道環境（崖、山、コンクリート壁、田または畑、民家、商業地）
- ⑦ ガードレールの有無（有=1、無=0）
- ⑧ カーブミラーの数
- ⑨ 警戒標識の数
- ⑩ 中央分離帯の有無（有=1、無=0）

判別状況は脳波データの時と同様に表6-4に示す。

道路環境条件のみでの判別においては、脳波データにおける、3分割と同様に、事故区間、安全区間において、誤判別がない。

表6-4 各区分におけるz値

| 事故区分 |       | 安全区分 |        | 推定区分 |       |
|------|-------|------|--------|------|-------|
| 区分   |       | 区分   |        | 区分   |       |
| 1    | 16.87 | 35   | -4.79  | 7    | 14.44 |
| 2    | 14.73 | 36   | -3.12  | 8    | 1.52  |
| 3    | 15.02 | 37   | -9.25  | 13   | 3.80  |
| 4    | 18.68 | 38   | -13.68 | 14   | 12.35 |
| 5    | 5.95  | 39   | -15.50 | 15   | 3.10  |
| 6    | 5.52  | 40   | -9.78  | 16   | 3.65  |
| 9    | 22.11 | 41   | -13.65 | 19   | 3.21  |
| 10   | 16.15 | 42   | -12.58 | 20   | 7.80  |
| 11   | 7.54  | 43   | -9.91  | 21   | 13.09 |
| 12   | 7.27  |      |        | 22   | 10.78 |
| 17   | 9.74  |      |        | 23   | 5.12  |
| 18   | 16.65 |      |        | 24   | 15.72 |
| 25   | 6.24  |      |        | 27   | 5.28  |
| 26   | 3.28  |      |        | 28   | 13.83 |
| 31   | 5.47  |      |        | 29   | 7.56  |
| 32   | 2.66  |      |        | 30   | 14.11 |
| 33   | 3.01  |      |        |      |       |
| 34   | 7.65  |      |        |      |       |

## 7. 数量化理論第Ⅱ類による予測と可能性

脳波スペクトル積分和の値を、境界値を設ける事によって「大きい」「中くらい」「小さい」のいずれかに反応させ、1要因を3つのカテゴリーに分けることにする。外的基準は、判別分析と同様に、「危険」「安全」の2群とする。以上から、各場合において数量化理論第Ⅱ類による分析を行ってみると、相関比は、3分割の場合0.709、5分割の場合0.655、7分割の場合0.848となり、5分割の場合やや相関が他と比べ低いですが、3、7分割の場合は、相関が高いといえる。また、 $\alpha$ 波を含む要因において、レンジと偏相関係数をみると、他を圧倒して大きい値が得られており、このことから、前述したように $\alpha$ 波の出現量が、「危険」「安全」の判別に大きな影響を与えていると考えられる。また、7分割の場合、28Hz～35Hz（第5要因）、42Hz～50Hz（第7要因）の偏相関係数が、0.500、0.425とやや高めの値を示しており、速波のうち「危険」「安全」の判別に寄与する周波数が存在するのかもしれない。ちなみに速波全てを要因とする場合の偏相関係数は0.183であり、ほとんど相関がないと思われる。

次に第1カテゴリーのウェイトを0にして、第2カテゴリーと第3カテゴリーの相関をなくし、説明変数の

数を3分割の場合6個、5分割の場合10個、7分割の場合14個として、判別分析と同様に判別関数を求めてみると、結果は同様なものになっているが、誤判別の確率がかなり低くなり、判別効率が向上している。

## 8. おわりに

脳波データを採用するに当たって、徐波、 $\alpha$ 波、速波の、各周波数帯における特性について注目してみた。判別分析において、その判別関数が、

$$3\text{分割: } z = -1.62x_1 - 24.52x_2 + 4.62x_3 + 12.77$$

$$5\text{分割: } z = -0.75x_1 - 3.66x_2 - 16.80x_3 + 1.78x_4 - 8.68x_5 + 6.47$$

$$7\text{分割: } z = -3.70x_1 - 49.84x_2 + 134.73x_3 - 108.86x_4 - 22.78x_5 - 236.50x_6 + 501.97x_7 + 25.19$$

となっている。これより、周波数帯を無視した5、7分割にたいして、徐波、 $\alpha$ 波、速波の3分割においては、 $\alpha$ 波における係数が、-24.52と、大きく、 $\alpha$ 波の出現量が多いほどその道路が安全と判定している。しかしまだこの分析段階では、事故区分、安全区分の選定、脳波データにたいする信頼性など、改良すべき点が多数あるので、結論づけは早い。今後どのような改善が必要か考えてみると、「安全区分」など各区分を精選し、より多用性のあるものにしなければならない。

尚、今回の道路条件のみの判別分析は、「事故区分」「安全区分」の選定の際、直線道路を全て、安全としてしまったので、直線区分のない推定区分は、曲率半径の条件より、全て「危険区分」と判別してしまった。

現時点では、以上のような結果しか得ていないので、一番の課題であった事故予測はできなかった。発表時には、追跡調査を続けて少しでも良い分析にしたい。

## 参考文献

- 1) 大熊輝男：臨床脳波学，医学書院，1990年