

脳波スペクトルによる道路走行安全性の評価

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
 信州大学大学院 ○真鍋 昌彦
 信州大学工学部 森下 時麿

1. はじめに

交通事故発生に関する種々の要因を分類し統計分析するといった従来の事故原因の分析法では、事故原因の中でも大きな部分を占めるとされる運転者の微妙な心理的变化が等閑に付されるおそれがあった。このような観点から、我々は現在までに運転者の心理変化を客観的に指標化し得る脳波を取り上げ、道路走行の危険性、安全性との関連分析を行ってきた^{1), 2)}。しかしながら、それらの分析で取り上げた道路区間サンプル数は未だ十分とはいえず、結果の信頼性にも若干の不安をはらんでいた。したがって今回さらに分析対象道路区間を増やすとともに、脳波特性については‘ゆらぎ量’という新規の変量を導入し、結果の信頼性の向上を図ってみたものである。

2. 実験方法

本研究の目的より、実験対象区間を表1に示すように国道18・19号線（いずれも長野市付近）から選定した。なお選定条件における事故発生の有無、事故類型等は平成4年度の事故記録を参考にした。

表 1 実験対象区間

名称	選定条件	国道18号線	国道19号線	計
危険区間	道路線形が影響して事故が発生した箇所	20ヶ所	22ヶ所	42ヶ所
安全区間	事故が全く発生していない箇所	20	20	40
推定区間	走行性評価を行いたい箇所	21	20	41

実験は、国際10-20法に基づいてFz, Cz, Pzの位置から基準電極導出法により脳波を導出し、実際に実験対象区間を運転させた。被験者は14名。実験車の後部座席に脳波計、データレコーダ、電源用バッテリーを設置し、観測者は助手席に座って作業を行った。

3. 脳波特性の抽出

脳波は周波数によって徐波帯（～7Hz）、α波帯（8～13Hz）、速波帯（14Hz～）の3つに分割でき、α波はリラックス時によく出現することが知られているように、各周波数帯によってそれぞれ特性がある。こうした周波数帯ごとの特性を把握するために、FFTを用いた周波数分析を行い、1 Hz間隔で 0～50 Hzまでのパワースペクトルを求め、各周波数の積分和を得た。図1はある道路区間の脳波のパワースペクトルの個人例である。

さらに、生体となじみ、快適感を伴うゆらぎとして最近家電製品等に応用されている‘1/fゆらぎ’に注目し、α波の周波数ゆらぎを扱うことにした。まず脳波データを8～13 Hzの帯域パスフィルタに通すことによりα波成分のみを分離させ、スペクトル解析を行う。そしてゆらぎ量の対数値を縦軸、ゆらぎ周波数の対数値を横軸にとると図2のようなゆらぎスペクトルが描かれる。このゆらぎ量の変化傾向を直線回帰分析による傾きで数値化し快適感の指標とする。なお、1/fゆらぎは傾きが-1となる。

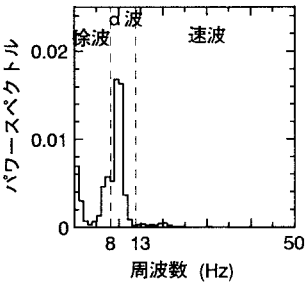


図1 脳波のパワースペクトル

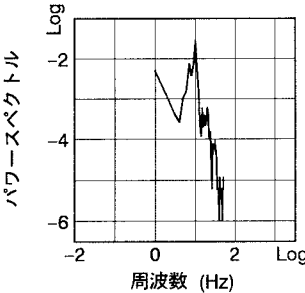


図2 α波のゆらぎスペクトル

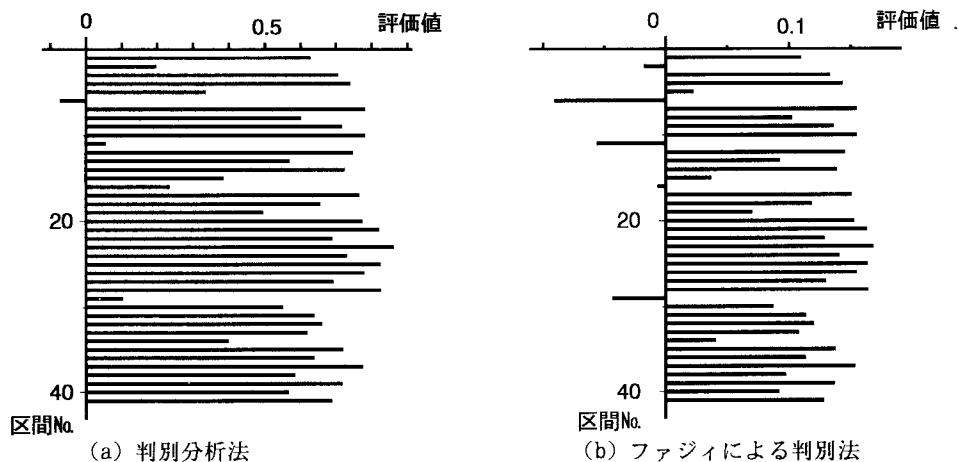


図3 2方法による走行性の評価

4. 分析方法

本研究では2種類の判別法を用いた。まず1つは判別分析法で、危険・安全区間に対して反応した脳波特性変量を用いて判別関数を求める。この判別関数に推定区間の脳波特性変量を代入し各区間の評価値を得る。もう1つはファジィ推論を適用したもので、危険・安全区間の脳波特性変量からファジィ規則を構築し、入力値として推定区間の脳波特性変量を与え適合度を求める。そして次式により得られたXを評価値とした。

$$X = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M A_i \left/ \left\{ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M A_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N B_j \right\} \right. - 0.5 \quad (1)$$

ただし、 A_i ：危険区間No.iの適合度、 B_j ：安全区間No.jの適合度、 M, N ：危険、安全区間の数

5. 判別結果

ここでは各周波数帯のうちα波帯のみの積和を変数とした場合の判別結果を示す。誤判別確率は判別分析法が18.3%、ファジィによる判別法が6.1%となった。これより危険区間と安全区間の道路環境特性が脳波に反映されている可能性は高いと考えられる。判別方法は、人間の心理変化をデータとしているだけにあまい性の取り扱いを得意とするファジィ推論を用いた判別法のほうが、誤判別確率をみても適していると思われる。図3は各方法による推定区間41ヶ所の走行性評価を表す。ただし評価値が正のときは危険、負のときは安全で絶対値はその度合を示す。

6. 考察

最も危険と評価された区間の1つは見通しの良い左カーブであるが、カーブ導入部直前で下り勾配から上り勾配に変化している。さらにこのカーブの曲率半径は推定区間の中で最も小さいことから、心理的に大きな負担がかかっていると考えられる。また登坂車線の区間もかなり危険と評価された。実験では自由に走らせたため追い越しをかけるものが多く、その結果リラックスとは逆の緊張、興奮といった心理状態が続いたのではないと思われる。安全と評価された数区間は緩やかな上り勾配の続く直線道路やほぼ平坦な見通しの良い右カーブなどがある。しかし共通して走行車線・対向車線を合わせた全道路幅員が広いことがいえ、走行時の快適さには周辺環境からの圧迫感のようなものが関係していると予想される。

以上のことから脳波と道路線形や周辺環境との関連性が高いと考えられるため、線形データや周辺環境を数値化したデータをもとに詳しく検討する必要がある。

最後に、事故記録を提供していただいた関東地建長野国道工事事務所の方々に深謝いたします。

参考文献 1) 奥谷・鈴木・真鍋：脳波のゆらぎ特性と道路走行性の関係、平成5年度研究発表会講演概要集、IV-11、

土木学会中部支部 1994.3

2) 奥谷・畠・鈴木：脳波を入力とするニューロモデルによる走行安全性判断、平成5年度研究発表会講演概要集、IV-10、土木学会中部支部 1994.3