

## 生理指標を用いたドライバーの心理的負担の計測および評価

東京都市大学 学生会員 ○蛭名光央  
 東京都市大学 学生会員 奥田知貴  
 東京都市大学 フェロー 皆川 勝

### 1. はじめに

近年、交通事故の件数は年々減ってきており警察庁や各自治体が交通事故対策として様々な取り組みを行っている。しかし交通事故は減ってきているものの、高速道路内では依然として事故が多く発生しているのが現状である。事故の大半はドライバーのヒューマンエラーによるものであり、疲労やストレスの負荷などによってヒューマンエラーが起りやすい。本研究では高速道路のトンネル内で事故が多いことに焦点を当て、トンネルでの運転がドライバーに与える影響を生体脈波を用いて評価していく。その際、道路環境の改善を検討するために危険な箇所や道路構造を明確にし、ドライバーの運転時の負担と道路環境の問題との関係を検討する。

### 2. 生体脈波について

#### (1) 脈波について

脈波とは、身体組織のある部分への血液の流入によって生じる容積変化を体表面から波形としてとらえたものを示し、血管運動反応をとらえる。脈波は中枢から末梢にいたる血行動態に関して多くの情報を含んでいる。末梢血管の運動を測定することによって、間接的に心電図R-R間隔と同様の意味を持つ情報が得られるとされている。測定された脈波からは、心拍数を数えるのみならず、波形を微分することや周波数解析をすることで多くの生体情報を得られると考えられている。容積脈波は、末梢血液循環状態を反映する検査の一つとしてばかりでなく、自律神経機能検査の一つとしても用いられてきた。

#### (2) 容積脈波の測定方法

本研究で用いる容積脈波測定においては、耳たぶに金赤外光を照射し、受光素子で通過光または反射光を検出する。通過光または反射光が血液量によって変化することを利用し、血液量の変化を電圧値として捉え、数値化する。

脈波の測定には写真-1にある株式会社TAOS 研究所

製の「Vital meter」を使用した。「Vital meter」は脈波の測定と同時にリアプノフ指数も測定できる。

#### (3) リアプノフ指数について

リアプノフ指数とは、近接した2点から出発した二つの軌道が、どのくらい離れていくかを測る尺度である。この軌道幅の時間的な変動を数値にしたものがリアプノフ指数であり、その最大値を最大リアプノフ指数と呼ぶ。最大リアプノフ指数は次のように定義される。

$$LLE = \lim_{t \rightarrow \infty} \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{1}{t} \log \frac{|\delta X_{\epsilon}(t)|}{|\epsilon|}$$

$$\delta X_{\epsilon}(t) = X(t) - X_{\epsilon}(t)$$

$$\epsilon = X(0) - X_{\epsilon}(0)$$

ここで、最大リアプノフ指数が大きいほど、アトラクターの変動幅は大きくなる。つまりゆらぎの幅が大きいと言える。逆に最大リアプノフ指数が小さいほどアトラクターの変動幅は小さくなり、ゆらぎの幅も小さいと言える。

### 2. 実験概要

#### (1) 調査地点

本研究では、トンネル内の道路線形等の交通環境とドライバーの行動の関係を明確にするために、道路間環境が比較的単純化されている高速道路を対象とする。その中で、図-1にある平成27年3月に開通した首都高速道路中央環状線山手トンネルを含む三軒茶屋～中環大井南間



写真-1 Vital Meter

キーワード : traffic accident, road environment, pulse wave

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学工学部都市工学科 TEL03-5707-2226



図-1 首都高速道路三軒茶屋～中環大井南

の約13kmを調査対象とする。天候による路面状況の変化が測定結果に影響が出ないよう実験は晴天時に行った。この調査地点は始めに大橋ジャンクションがありカーブが連続して続いており、その後に山手トンネルの本線と合流、トンネル内を11キロ走行し、地上に出て中環大井南へと向かうコースである。

## (2) 実験条件

本研究では、大学生の満22歳の10名を対象とした。同世代を対象とすることによって、年齢によって生じる脈波のばらつきを小さくするためである。

また、測定に支障がないよう以下の7点の条件を設定した。

- ・基本的には左車線を走行する。
- ・速度制限を厳守する。
- ・前日アルコールの摂取を控える
- ・睡眠時間を6時間以上取る
- ・車内の温度は適温を保つ
- ・ピアス等の貴金属はあらかじめ外す
- ・運転頻度を確認する

## (3) 実験結果

図-2、図-3は実験を通して得られた被験者1と被験者3のリアプノフ指数を折れ線グラフにしまとめたものである。

図-2で突出している箇所には赤い丸と青い丸で囲んだところがある。赤い丸は大型トラックに追い越されると同時に五反田方面への車線変更の表示が重なった場面である。また青い丸はカーブが連続して続き、それぞれのカーブ区間が終わった場面で数値が高くなっている事が分かる。

同様に図-3で黒い丸で囲っているところは地上から出てすぐの左の急カーブの場面である。

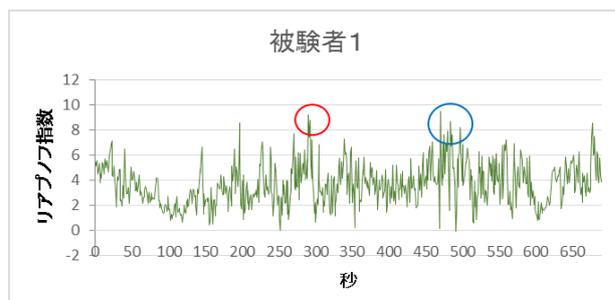


図-2 被験者1のリアプノフ指数

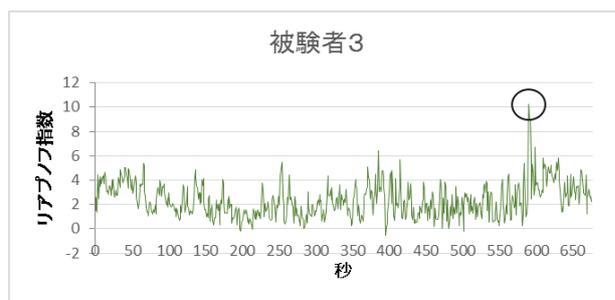


図-3 被験者3のリアプノフ指数

## 3. 考察

2. (3) 実験結果より、赤い丸で囲んだ場面ではトラックに追い越されると同時に五反田方面への大きな表示がドライバーの視界に入ってきたことが分かった。足立ら<sup>1)</sup>によれば、現在行われている様々な道路内の交通事故対策として路面標示や看板などがあるが、道路につきもののそれらでさえ有効性が明確になっていないわけではない事が分かっている。今回の五反田方面への車線変更の表示も、ドライバーにとっては心理的負担となっていたのではないかと考えられる。

また、図-2、図-3の青い丸と黒い丸で囲われた場面ではカーブの始まりと終わりでリアプノフ指数が高いことが分かった。カーブ区間における事故率は過去の調査で直線区間と比較して高い事が分かっており、今回の実験でも、ドライバーにとってカーブ区間は心理的負担が大きく更なる交通事故対策が重要であると感じた。

## 参考文献

- 1) 足立幸郎, 藤井康男, 山田幸一郎, 中村裕樹: シークエンスデザインを用いた速度抑制対策とその実験的検証, 土木学会論文集, D, Vol.66, No.1, 27-39, 2010.1.