

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

蛭名光央¹・皆川 勝²

¹東京都市大学 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

E-mail:g1218015@tcu.ac.jp

²東京都市大学 教授 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

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こりやすい.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的問題との関係を検討する.

Key Words : *mental load, stress, pulse wave, traffic accident, tiredness, traffic accident, road environment, electroencephalogram,*

1. 序論

(1) 社会背景

近年,人々の交通安全への関心が高まっていることから交通事故防止策を考えることは更に重要になっている.土木工学の視点から交通事故防止対策を考えた際に,道路周辺の「景観」や標識などの「道路交通施設」といった「道路環境の改善」が考えられる.しかし,現在行われている様々な高速道路内の交通事故対策として路面標示などがあるが,足立¹⁾によれば,道路につきものの路面標示でさえ,その有効性は明確ではない.図-1より平成26年警察庁の統計²⁾によると高速道路での交通事故の原因は,死亡事故,重傷事故で約5割が前方不注意,動静不注意によるものであり,軽傷事故に至っては7割近くの原因となっている.交通事故が発生する主な原因は,判断遅れや操作ミスといったドライバーのヒューマンエラーが関連している.ドライバーのヒューマンエラーによる交通事故の割合は9割以上だと言われており,実際に自動車を運転する際ドライバーは様々な道路環境によって疲労や緊張,ストレ

スなどといった負の影響を受ける.このように負の影響が加わり続けることはドライバーへの負担となり,認知や判断,操作といった運転行動に必要な動作や情報の伝達に大きな影響を及ぼしヒューマンエラーが発生しやすい環境になっている.

また,高速道路においては,長時間の運転やほぼ真っ直ぐな道を走行することなど,更に運転者の集中度を低下させてしまう.前方不注意,動静不注意は運転者の生理や心理に関わっているとされる.しかし,道路環境の向上を考える際に,生理指標の観点から考えている研究は少ない.

そこで,本研究ではストレスや疲労といった生体情報を測定することが可能な生理指標の一つである脈波を用い,得られたリアプノフ指数からドライバーの心理的負担の計測,評価をする.

(2) 既存の研究

a) 運転が与える負担を把握するための研究

これまでも人間の内面への影響を生理的指標の生体情報を用いた研究が行われている.主な例として,内田ら³⁾は,高速道路の実走実験から得られた

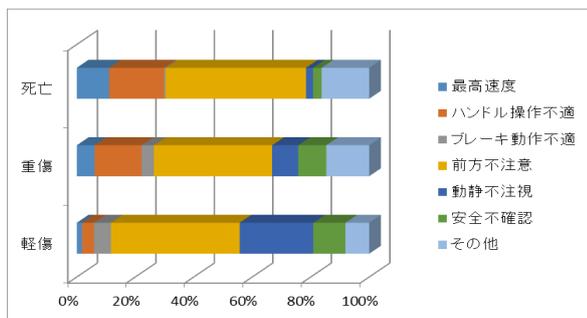


図-1 平成26年中の交通事故の発生状況²⁾

RR 間隔変動に着目した分析を行い、RR 間隔変動指標を用いて各個人において心理的負担量を表現した。また、事故の発生していない地点での潜在的な問題を指摘できる可能性を示した。平田ら⁴⁾ は単調な走行条件では、特に単路部区間において意識水準の低下が生じ、意識水準の低下した状態で交通の乱れる地点に進入した場合、適切な回避行動がとれない危険性を示唆している。運転ストレスが血圧を含めた循環動態に及ぼす影響を確かめる実験⁵⁾ や緊張度の測定とした心拍変動のパワースペクトル解析の検討⁵⁾ なども行われている。岩倉ら⁶⁾ はRRI変化率指標により長距離トリップに伴うストレスの蓄積を確認した。また、周波数解析により自律神経の活動を把握し、心拍変動を詳細に分析した。更に、原田ら⁷⁾ は、生体脈波のカオス解析によって得られたリアプノフ指数により各イベントや道路ごとの乗り心地評価を検討し道路利用者の生体脈波を評価する方法が、道路の乗り心地を区別化する新たな評価方法として有効であると示した。これらは運転がどの程度の負担を与えているか把握するための研究されている。

b) 脈波のカオス性の把握、カオス解析に関する研究

清水ら⁸⁾ はテストコースにおける異なる速度の走行実験および高速道路の実験の結果、最大リアプノフ指数はドライバーのメンタル負担状態の有効な指標であること示した。馬場ら⁹⁾ はサロゲート法を用いて加速度脈波のカオス性を検証し、軌道平行測定法を用いて加速度脈波の解析を行った。これらは脈波のカオス性の把握やカオス解析を用いた脈波の評価手法の研究である。ここで本研究では、簡易に測定が可能で運転に影響を与えない「耳たぶ容積脈波」を株式会社TAOS研究所製の「Vital meter」(写真-1)を用いて得られたリアプノフ指数から評価した。



写真-1 Vital Meter

(3) 本研究の目的

本研究では、ドライバーのトンネル走行時における負担の評価及び交通環境による負担の評価を行うために、ストレスや疲労といった生体情報を測定することが可能な生理指標の一つである脈波を使いドライバーの負担の計測、評価を行う。本実験では、実走行のため、簡易に脈波の測定が可能で測定器具装着時による影響が少ない耳たぶ容積脈波を株式会社TAOS社製の「Vital Meter」(写真-1)を用いて測定した。被験者は対象のコースを実走行し、運転中の脈波データを解析する。

2. 脈波

(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) 脈波の測定原理

本研究で取り上げる脈波とは、「耳たぶの毛細血管を流れるヘモグロビンの増減」である。生体信号の中でこの耳たぶ脈波にはいくつかの特徴がある。まず、測定部位が耳たぶであることから、耳たぶ脈波は測定が極めて簡単であるという特徴がある。複雑な脳波測定と比較すると、その簡便さがイメージしや

すいであろう。また脈波自体が重要な情報が持っていることも大きな特徴である。さらに脈波は、身体のみならず心的状態を鋭敏に反映する生体信号だということが明らかになってきた。

本研究では脈波の測定は、指先や耳朶に近赤外光を皮膚表面から照射し、受光素子で透過光または反射光を検出する。透過光または反射光が測定部位に流れている血流量によって変化することを利用し、血流量の変化を電気信号に変換する。計測箇所は指先や耳朶がよく選ばれる。つまり、血液量の変化を電圧値として捉え、A/D変換回路によって電圧値を数値化してExcelに表示する。脈波のサンプリング周期は0.01秒で横軸が時間、縦軸に血液量の変化を電圧として捉えた値で表現されている。

3. カオス理論

(1) カオスとは

カオスとは、システムの状態遷移規則が決定論的であるにも関わらず、システム自体の非線形性によって確率系と等価な複雑さを生み出す現象のことを指し示す。またカオスは、方程式等によって対象の状態を決定論的に記述できるにも関わらず、その様相は法則性が見いだせず、ランダムネスのような非常に複雑な挙動を示す。しかし、近年、カオス理論の発展とともに、生体信号におけるカオス情報の存在が明らかになり、それらを定量化することから、人の生理・心理状態を推定するカオス解析の有効性が様々な実験により証明されている。

(2) カオス現象とアトラクタ

カオス現象は、上述のように、一見無秩序に見えるものの、実際にその背景に確固たる規則が存在する現象を指す。言い換えると、次に起こる現象が確率で決まるのではなく、ある一定のルールに従って決定論的に決まる現象なのである。規則に従っているのに対象が無秩序に見えるのは、その対象を構成する要素の一つ一つの動きは単純であっても、集合体として振る舞うと複雑になるからである。こうした対象のことを複雑系と呼ぶ。人間も複雑系であり、その複雑系から産出される生体信号にカオス情報が存在する可能性が高いと判断されるのである。カオス解析方法にはいくつか存在するが、その代表的な手法はアトラクタを描く方法である。アトラクタは、ある力学系がそこに向かって時間発展をする集合のことであり、その力学系において、アトラクタに十分近い点から運動するとき、そのアトラクタに十分近いままであり続ける。カオスな力学系

に対してアトラクタを描写することは、現在においてもカオス理論における重要な研究課題の一つである。アトラクタに含まれる軌道は、図-2のようにそのアトラクタの内部にとどまり続けること以外に制限はなく、周期的であったり、カオス的であったりする。

また、脈波の場合、記録したデータは1変数の時系列である。1次元の時系列変化をd次元の状態空間に埋め込む方法をターケンス埋め込み法と呼ばれる。この方法によってシステムのアトラクターが1つのデータから再現でき、視覚的に表示されることになる。観測された一次元の時系列データを $x(i)$ ($i=1,2,\dots,n$) とする。このデータを用いて、d次元空間の中に軌跡を描くには、適当な時間遅れをとり、ベクトル

$$X(I)=[x(I),x(I+r),\dots,x(I+(d-1)r)]$$

の軌跡を作ればよい。このベクトル $X(i)$ を、座標軸 $x(I),x(I+r),x(I+2r),\dots,x(I+(d-1)r)$ に順次プロットしていくと($I=1,2,\dots,n$)、軌道(カオス・アトラクター)が得られる。

また、アトラクターの形状をみることにより、脈波の中にカオス情報が存在することが実証されている。

(3) 脈波のカオス性について

脈波の波形はカオス性を有することから一般的にカオス解析が用いられる。カオスとは非常に複雑な不規則かつ不安定な振る舞いをしているにもかかわらず、決定論的な法則から成り立っているものである。カオス解析では、Takensの埋め込み定理より時系列信号を時間遅れ座標系に生成し、アトラクタを構成する。カオス解析とは複雑な時系列を決定論的カオスの立場から解析することである。従来の線形理論に基づいた周波数解析では見ることが困難であった生体の全体論的特徴を時系列信号の不規則さを生み出す原因を排除することなく評価することができる。カオス時系列解析の目的は、対象となる時系列データからカオスの特徴の解析を行い、システムに内在する決定論的な特徴を解明することにある。そのため、周波数解析では生体信号の瞬時的特徴、静的情報を評価するに過ぎなかったが、カオス時系列解析を解析に取り入れることによって、生体が持つ動的情報を定量的に評価することができる。カオス解析の代表的な解析手法として、フラクタル次元解析、リアプノフスペクトル解析などがあり、対象の力学的特徴を評価するのに用いられる。

(4) takensの埋込み定理

遅れ値を用いて、一定の時間遅れ毎の差分による時間の遅れ値(以下を遅れ値とする)による座標変換を用いる手法である。遅れ値とはアトラクタの軌道を描ために多次元状態空間に埋め込むときのパラメータである。ある時系列データを $x(t)$ とする。この時系列データを用いてベクトルをつくる。ベクトルを作る式は以下に示す。

$$(x(t), x(t-\tau), \dots, x(t-(n-1)\tau))$$

ここでの式では、 τ が遅れ値で n が次元数、 t が時間になる。このベクトルを n 次元状態空間に順次プロットしていくと軌道が描かれる。図-3は3次元状態空間にアトラクタを再構成する場合に対する埋め込みの例である。

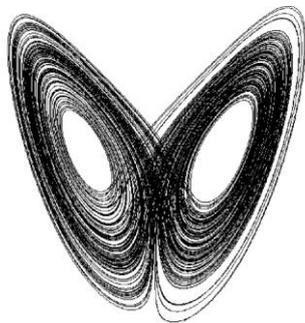


図-2 カオスな力学系のアトラクタ

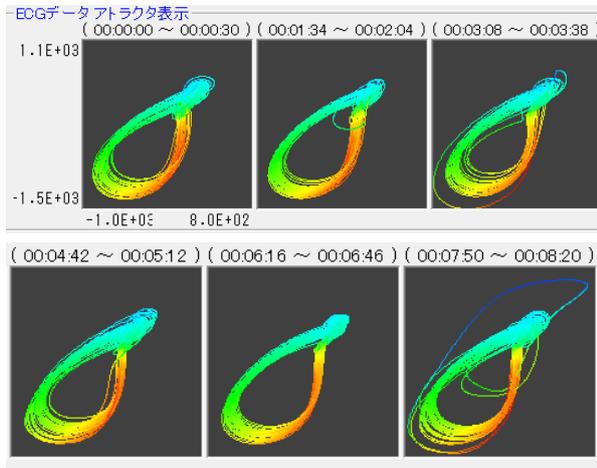


図-3 本研究で実際に得られたアトラクタ

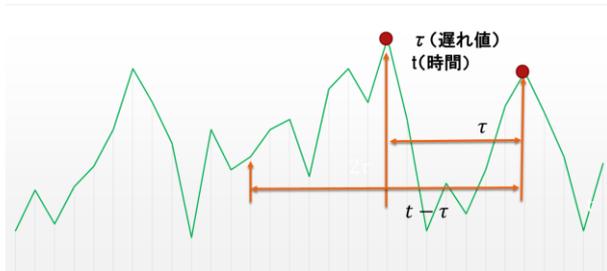


図-4 3次元におけるtakensの埋め込み定理の概念図

図-3は本研究の実験で得られたアトラクタである。

4. リアプノフ指数

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。脈波の場合、リアプノフ指数が大きい状態とは、肯定的に捉えると、行動的で積極的な状態であり、反対に否定的に捉えると不安定で心許ない状態である。一方リアプノフ指数が小さい状態とは、変化を好まない頑なな状態で、外部適応が困難な状態ともいえる。

5. 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、平成26年度事故件数1位の首都高速道路で実験を行うこととし、図-5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。

(2) 実験条件

本研究では、大学生21歳～23歳の8名を対象とした。同世代を対象とすることで、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。以下に実験における条件を示す。

- 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

これらの理由として、車線変更を行うにあたってドライバーはより多くの道路環境情報を得る必要があるため、必要以上の負担がかかると考えられる。また、睡眠不足による運転は、睡魔によって安全走行の妨げになると同時に、脈波に影響が出てしまうため前日6時間以上の睡眠をとる。人によってはお酒の大量摂取により翌日までアルコールが残る人がいるため前日飲酒をしていない。さらに、写真-2に示すように脈波測定器は耳に装着するため測定時にセンサー部分が直接皮膚に接するようにピアスやその他貴金属を外し、髪を挟まないようにする。

また、実験時間は平日の11時から17時までの間に行うこととした。この時間帯を設定した理由として日によって違いはあるものの、平日では7時から11時、17時から19時は比較的首都高の交通量が多いためである。車内温度の調整の選定理由として、過度な寒さや暑さはストレスを受ける外的要因の一つであると考えられるため一般的に不快に感じないと言われている、温度25～27℃に設定した。

(3) コースの特徴

本研究で走行したコースは首都高3号渋谷線上の三軒茶屋から大橋ジャンクションを経由し中央環状線内回り山手トンネルを走行し、中環大井南までのコースである。写真-3にあるGoProを車載カメラとして車に搭載した。

写真-4は三軒茶屋から首都高に合流し大橋ジャンクションまでの地上の区間である。

写真-5は大橋ジャンクションを走行している写真である。大橋ジャンクションは最小曲率半径=42という急カーブであり、その急カーブが2周分(720度)も続くジャンクションである。

写真-6は内回り山手トンネル本線合流後、五反田出口付近での写真である。

写真-7は走行コースのトンネル内で走行時間が最長のカーブの写真である。

写真-8はトンネルを抜け地上に出てすぐの微かに上っている左の急カーブである。

写真-9は写真-8のカーブの後にすぐある右に下る急カーブである。高速道路内であるためスピードが出たままこのカーブに突入することが多く、また、下りでもあるためスピードが出やすく危険な急カーブである。

写真-10は写真-9直前の急カーブ注意の標識である。

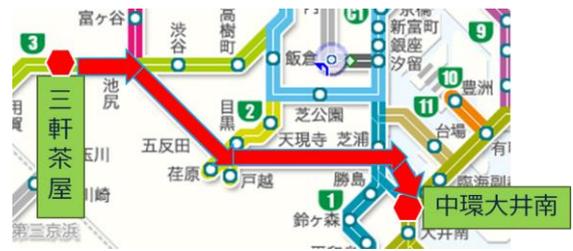


図-5 走行コース



写真-2 脈波測定器装着時の様子



写真-3 車載カメラの様子



写真-4 三軒茶屋から大橋ジャンクション間



写真-5 大橋ジャンクション内



写真-9 右への下りの急カーブ



写真-6 五反田出口付近



写真-10 急カーブ注意の標識



写真-7 トンネル内でのカーブ



写真-8 地上へ出てすぐの左への急カーブ

6. 実験結果

実験結果として、得られたリアプノフ指数を被験者毎にグラフにし、以下に図-5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12としてまとめた。

また、それぞれの被験者の免許取得からの年数、運転頻度、年齢をまとめたものを表-1とする。

表-1 被験者情報のまとめ

	免許取得後	運転頻度	年齢
被験者1	3年	3ヶ月に1度	22
被験者2	2年	2週に1度	22
被験者3	3年	月に1度	22
被験者4	3年	半年に1度	22
被験者5	3年	月に1度	21
被験者6	2年	週に1度	22
被験者7	1年	月に1度	23
被験者8	半年	ほぼ毎日	21

6.1 被験者毎の分析

- a) 被験者1はリアプノフ指数の上下動が激しく突出して高くなっている箇所も多くみられることから、精神状態は安定していなかったと考えられる。この原因として、被験者1は初めて首都高を運転するという不安から追い越しや割り込みをされる度に脈が上がりリアプノフ指数も高くなっていたのではない

かと考える。図-5中の四角で囲っている部分は特に突出して高くなっている部分, 上下動が激しい部分である。左の300秒付近で高くなっている部分では, 右車線から大型トラックに追い越されると同時に五反田方面出口の大きな表示が現れた場面である。大きな表示を見た直後に大型トラックに追い越されたことが被験者1の心理的負担になったのではないか。また, 右の上下動が激しい部分は右カーブが終わった直後に左カーブへと続く場面であった。カーブが終わった直後に逆へのカーブへと続くことはドライバーにとって負担となっていると考える。

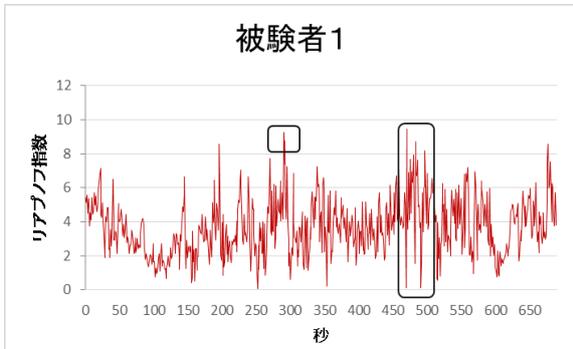


図-6 被験者1のリアプノフ指数

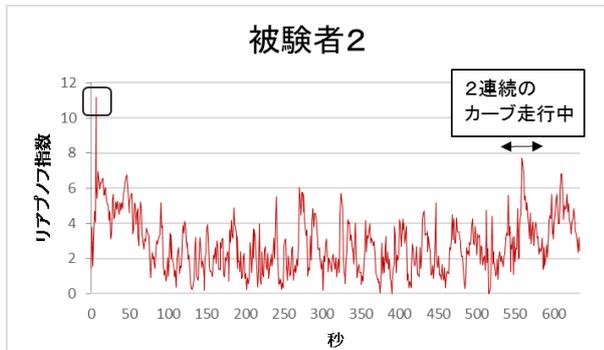


図-7 被験者2のリアプノフ指数

b) 図-7中より, 被験者2は被験者1よりも比較的安定していることが分かる。表-1より, 安定しているのは運転に慣れているからではないかと考える。しかし測定開始直後に高くなっている。この場面は首都高本線に合流直前で, 合流できずに合流車線の終わりに近づいていた場面である。後続車が多く, 合流できないのではないかとという焦りがあったと被験者2は述べており, その焦りがリアプノフ指数に表れている。

c) 図-8中より, 被験者4は比較的安定しているものの二点だけ突出している。350秒過ぎの場面で被験者4は, トンネル内の壁面にある消火栓の赤い光がブレーキランプに見えることが不意にありドキッとすると述べており, その影響で突出していると考えられる。

d) 図-9中より, 被験者5は測定開始直後と終了直前で高くなっている。開始直後は被験者2と同様, 合流にてこずりすぐに本線に合流できず, また, 合流後に左車線へ車線変更しようとしたが後続が来ているために変更できなかった場面である。

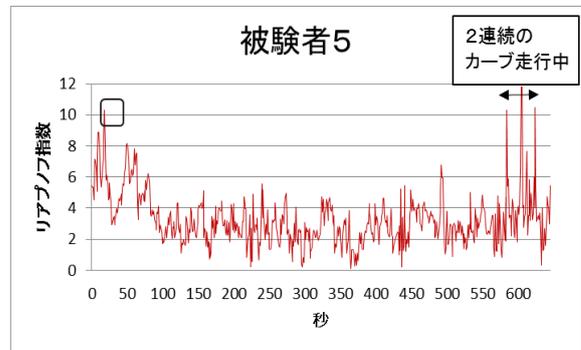


図-9 被験者5のリアプノフ指数

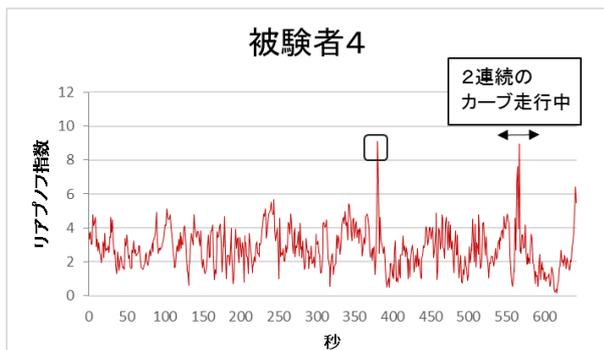


図-8 被験者4のリアプノフ指数

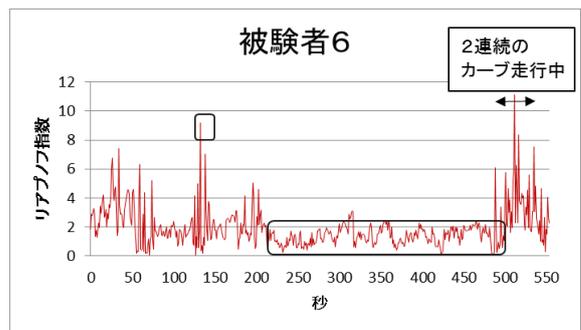


図-10 被験者6のリアプノフ指数

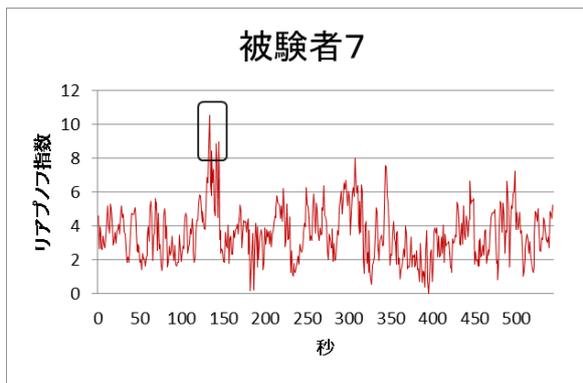


図-11 被験者7のリアプノフ指数

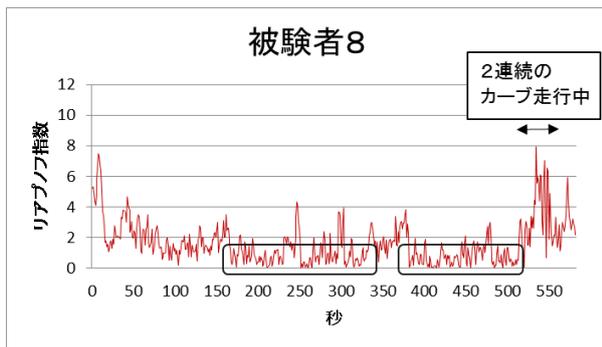


図-12 被験者8のリアプノフ指数

- e) 図-10中より、被験者6は130秒付近で高くなり200秒から500秒手前まではリアプノフ指数が低くとも安定し、520秒付近で突出して高くなっている。130秒付近では写真-5にある急カーブが続く大橋ジャンクション内を走行しており、また、後続の車が接近してきたことにより焦りが生じリアプノフ指数が高くなったと考える。また、低く安定している場面では五反田方面出口を超えた後からトンネルの走行を終えて地上へと出るまでの約6kmである。被験者6は週に1度運転していることから運転に慣れており、次第に首都高での運転に慣れたことで精神的にも負担がなくなりリアプノフ指数も落ち着いたと考える。
- f) 図-11より、被験者7は被験者6と同様に大橋ジャンクション走行中にリアプノフ指数が高くなっている。急カーブに入る前にスピードが出ており、そのまま急カーブに突入し慌ててブレーキを踏みながら走行し車体が遠心力によって振られたことによって、被験者7はどきりとして冷や汗をかいたと述べている。その心理状態がリアプノフ指数にも表れたと言える。

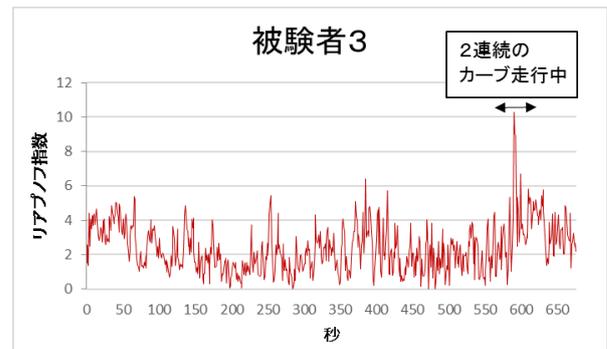


図-13 被験者3のリアプノフ指数

- g) 図-12より、被験者8は全体的にリアプノフ指数が低く安定している。特に150秒から500秒過ぎにかけて非常に安定しており、運転に慣れていることがリアプノフ指数に表れたと考える。
- h) 図-13より、被験者3は600秒手前あたりだけ突出している。被験者2, 4, 5, 6, 8も同様に三角で囲われている測定終了間際が高くなっている。各被験者共に測定終了50-60秒前に写真-8, 9にある二つの急カーブを走行しており、急カーブがドライバーに心理的負担を与えているのではないかと考える。

7. 考察

6. 実験結果より、今回の実験で得られたリアプノフ指数を被験者ごとに分析すると主に大橋ジャンクションと山手トンネル出口から中環大井南にかけて連続する二つのカーブで集中的に高くなっている事が分かった。

大橋ジャンクションは最小曲率半径=42という急カーブであり、ドライバーにとっては見通しが悪く運転しづらい状況が続くためドライバーの心理的負担になっていることがリアプノフ指数で明らかになった。被験者7のようにスピードを出したままジャンクション内に進入することがないように表示等がさらに必要であると感じた。

また、山手トンネル出口から中環大井南にかけての連続する二つの急カーブは、トンネルから出たすぐに最初のカーブが来るためドライバーにとって運転行動に余裕が生まれなく、リアプノフ指数にも如実に表れていると考える。人間の行動は危険なものを視覚で確認し脳へと危険なものとして信号が送られ、脳が危険と判断し行動へと移行される。しかし山手トンネル出口から中環大井南間の二つの連続した急カーブは、カーブとカーブの距離が近い

ためにそうした判断のための時間があまり多くな
く、ドライバーにとって心理的負担が多くなっ
ていると考えられる。写真-10にある急カーブ注意の標
識も注意喚起にはなるが、一瞬見てすぐに下りの急
カーブが始まるため、標識を見るという行為がドラ
イバーの運転行動に余裕をなくさせることも、リア
ブノフ指数の上昇につながっていると考ええる。

8. 今後の課題

今回の実験では、各被験者の走行時の交通環境に
ついて考慮していないため今後調べる必要がある。
また現在、被験者が8名と少ないため実験の精度が
荒く、結果の整合性が低いので被験者を増やし精度
を高めていく必要がある。また、ドライバーの運転
頻度や首都高での運転に慣れているか等、ドライバ
ーの熟練度によって結果が変わる可能性が高いた
め、事前にテストのようなものを行い指標をつくり
有用性を上げる必要がある。

9. 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.
- 2) 平成26年中の交通事故の発生状況:警察庁
- 3) 屋井鉄雄,内田智也,大橋正樹:.高速道路走行
における心理的負担の計測と安全性評価に関
する研究,平成12年度都市計画論文集,pp541-546
- 4) 平田輝満,飯島雄一,屋井鉄雄:都市内地下道路に
おける運転者の意識水準低下に関する分析,土
木計画学研究論文集, Vol.21,No.4, 2004.9.
- 5) 川村光生:運転中の血圧モニタリング,医学と
工学からみた交通安全対策, pp53-58,1995日本交
通医学工学研究会
- 6) 西脇正倫,岩倉成志,安藤章:長距離トリップ
に伴う運転ストレスの測定,土木計画学研究・
論文集, No. 18, No. 3, pp. 439-444, 2001年9月
- 7) 原田隆郎,横山功一:生体脈波を用いた道路の乗
り心地評価に関する基礎的研究,土木学会論
文集, Vol.68,No.1,pp.40-51,2012.
- 8) 清水俊行,苗鉄軍,下山修:指先脈波のカオス
分析用いたドライバーの心身状態の定量化,ヒ
ューマンインターフェース学会研究報告
集,Vol.6,No.1,pp.97-99,2004
- 9) 馬庭芳朗:複雑系科学のカオスと可視化の
SOMを用いた新しい健康評価法に関する研究
- 10) 佐野裕司,片岡幸雄,小山内博ほか:加速度脈
波による血液循環の評価とその応用.労働科学
61:129-143, 1985
- 11) 藤本泰成,五百旗頭正,谷村隆義:観測された時
系列データの決定論的性質を測る軌道平行測
度法 日本ファジィ学会誌9(4),580-588,1997-08-
15

Of drivers using the physiological indices
Measurement and evaluation of psychological burden

Mio Ebina – Masaru Minagawa

In recent years , the National Police Agency and each municipality has the number of traffic accidents has decreased year by year is involved in a variety of initiatives as traffic accidents . But although traffic accidents has been reduced , still accident many occurred in the highway and what is the current situation . the majority of accidents are due to human error of the driver , a focus that there are many accidents in the highway tunnel in the fatigue and prone to human error , such as by a load of stress . this study hit , go the impact the operation of the tunnel will give the driver was evaluated using a biological pulse wave . in this case , to clarify the dangerous location and road structure in order to study the improvement of the road environment , the driver at the time of operation to examine the relationship between the burden and the road environment issues .