

# 生体脈波を用いたカーブ走行時における心理的負担に関する研究

奥田 知貴<sup>1</sup>・皆川 勝<sup>2</sup>

東京都市大学 工学研究科都市工学専攻（〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1）

E-mail:g1581706@tcu.ac.jp

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）

交通事故の約9割は、ドライバーのヒューマンエラーが関係しており、人間の心理や生理状態に大きく関係している。本研究では、生体脈波を用いて見過ごされがちであったドライバーの心理面に着目し、事故での傷害が重くなりやすいカーブ区間においてドライバーが走行時に感じる負担の要因を検討した。評価手法として生体脈波のカオス解析によって得られた軌道平行度の値の大小関係を利用し「区間負担量」と「瞬間負担量」を算出した。その結果次の成果を得た。（1）左カーブでは視認性が悪い場合や複数の不快要因が重なる場合でドライバーの「瞬間負担量」が大きくなる。（2）連続カーブ群では、「瞬間負担量」に比べ「地点負担量」が大きく出やすい傾向にある（3）交通事故多発地点では、比較的負担が発生しやすい

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

## 1. 序論

### (1) 社会背景と研究目的

年々、交通安全への関心が高まる中、都道府県警や各自治体、道路会社などでは交通事故防止策として様々な取り組みを行っている。しかし、事故の件数は減少傾向にあるものの、交通事故による死亡事故は未だ後を絶たない。2015年の我が国の自動車交通事故死者数<sup>1)</sup>は4,117人、負傷者数は666,023人、事故件数は536,899件であった。これは、平成17年度と比較すると、約4割近く減少したが未だ、数多くの方が交通事故に巻き込まれているのが現状である。

交通事故が発生する主な原因は、ドライバーのヒューマンエラーによる判断遅れや操作ミスが大きな影響を及ぼしており、Treat<sup>2)</sup>によると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割以上であると言っている。ヒューマンエラーによって、反応時間の遅延によるドライバーの操作ミスや判断遅れ、認知機能低下による思考力や判断力、注意力の低下など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、事故の発生に繋がる。ヒューマンエラーが発生する原因として、疲労やストレス、眠気などのドライバー心身状態といった人的要因と時々刻々変化する道路構造や交通環境に対するといった環境的要因が主に関係している。前者は十

分な休憩時間の確保により未然に防ぐことができる。一方で後者は、運転中のイベントであり、認知-判断-操作の連続に不均衡が生じ発生するため事前対処が困難である。そのため、どのような道路構造や交通環境のもとで負担が発生しているのかを把握することが重要である。

安全で快適に運転することのできる道路線形や環境を確保する社会的意義がより重要になると考えられるなか、本研究では見過ごされがちであったドライバーの心理的負担に着目し、ストレスといった生体情報を評価することが可能な生理指標の一つである生体脈波を用いて、ドライバーの心理的負担を計測し評価することで、どのような道路構造でドライバーに負担がどの程度発生しているのかを事前に把握することを目的とする。

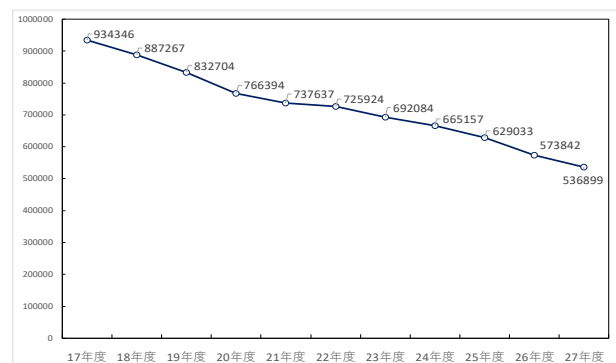


図1 交通事故の発生推移

## (2) 事故状況

前節で述べた様に、交通事故防止のためには、事故要因の多くを占めるヒューマンエラーを検討する必要がある。しかしながら、実際の事故発生過程は複雑であり多種多様となっているため、当事者の証言や現場の様子から事故状況を推定することが行われているが、事故が複雑化するとその推定も困難となる。そこで本研究では、あまり複雑ではない事故を対象として検討した。

交通事故は一般的に、車両同士が引き起こす車両相互事故、車両が歩行者と衝突する人对車両事故、一台の車両だけで事故が発生する車両単独事故に分類される。このうち前者の事故の2例は、横断中の歩行者や交差点での右直事故や出会い頭などの原因による事故などが挙げられる。そのため、事故当時者相互の行動や、交差道路等の交通環境によって事故要因が複雑となる。これに対し、車両単独事故は、主に一人のドライバーの行動が事故要因となることが多い。よって、車両単独事故はドライバーのヒューマンエラーを検討するのに適していると考えられる。しかし、車両単独事故の中でも、脇見運転による事故など推定しにくい要因も多く存在するが、高速道路や山間部などの非市街地の単路では、交通環境が比較的単純化されており、特にカーブ区間での車両単独事故は、道路線形等の交通環境とドライバーの行動との関係についてより明確に検討できると考えられる。

従来から、交通工学の分野でもカーブ区間における事故率は直線区間と比較して高いとされている。図2に平成27年度の地点別交通事故の割合を示す。カーブ区間は直線区間と比較して延長距離が少なく、また郊外に多いため、交通量が少ない。そのため、カーブ区間における事故は全体の約2.8%となっている。しかし、死亡事故の構成率は約5.3倍の14.7%と高くなることから、カーブでの事故は傷害が大きくなりやすい傾向を示している。これらを踏まえ本研究では、道路間環境が比較的単純化されている山間部の道路のカーブ区間を調査の対象とする。

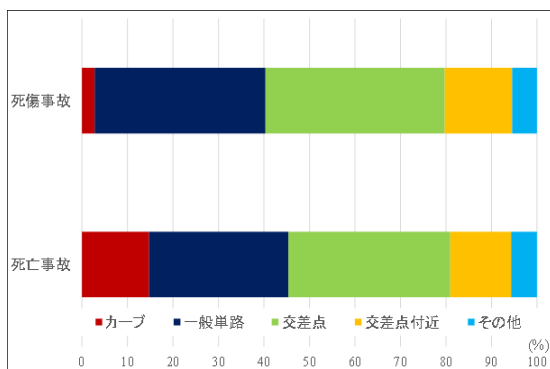


図2 平成27年度における地点別交通事故の割合

## 2. 心理的負担の測定方法

### (1) 生理指標について

生態信号とは、心拍間隔、脳波、血圧、容積脈波、呼吸、発汗、唾液などの生体現象を、センサーによって数値化したものであり、生理的な変化を測定することにより生体情報を得る方法である。例えば、精神的緊張状態では脈拍数が上がったり掌に汗をかいたり、また、リラックスすると血圧が下がったりする。このように、ひとの心理的状态と生理的な変化には関連があるため、生理指標計測とそのデータを活用することで、人の心身の状態などを評価することができると考えられている。生理指標による心理活動推定は、客観的であること、リアルタイム推定が可能なこと、無意識の心理活動も推定可能なこと等の多くのメリットがある。

一方で心電図による心拍測定では、多くの場合、全身に電極を取り付ける方法がとられるが、この方法自体では肉体的、精神的負担が与える可能性がある。また、唾液によるストレス計測では、心電図による方法と比較して計測時の拘束が少ないものの、時系列的な計測を行うことができないなど、各生理指標には問題点も存在する。

本研究では、道路構造を心理的負担面で評価することを目的としているため、非侵襲性的計測手法であること、測定が容易であること、時系列的な計測が可能であること、そして運転等の移動環境下において測定器具の装着による負担や安全運転への影響が少なく、計測可能な携帯性を有していることが必須となる。

それらの条件下のもと本研究では、写真1で示すように、測定が比較的簡易で、三好<sup>3)</sup>によって血圧や心臓の波動、呼吸など複数の各部位から発信される様々な信号の合成と考えられている生態脈波を用いて、道路環境が比較的単純化されている高速道路や山間部の道路のカーブ区間走行時におけるドライバーへの反応を調査していく。

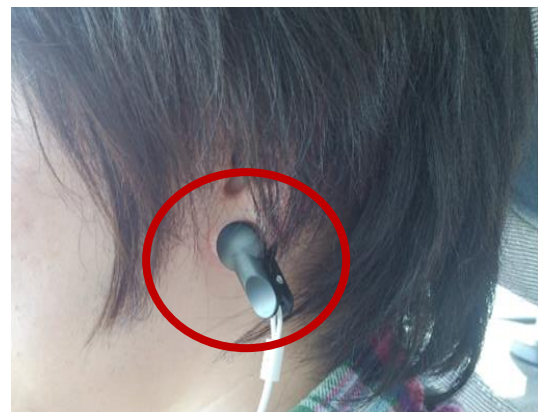


写真1 脈波の測定装置

## (2) 生体脈波について

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「容積脈波」と呼び、血管運動反応をとらえる。さらに前節で述べたように脈波は、脈波の中に脳の中枢系の情報や血圧や心臓の波動、呼吸など複数の各部位から発信される様々な信号の合成であり、身体のみならず心的状態を鋭敏に反映する生体信号であることも明らかになってきた。したがって、全身をめぐる血液から観測される脈波は、脳波や血圧、体温、発汗など様々な生態信号の要素を含んだものであると考えられる。

Vital meter から容積脈波を測定することができる。しかし佐野ら<sup>4)</sup>によると、容積脈波のままでは、個人差を明確に捉えることが困難であると判断されている。そこで佐野らは、図3のように、従来の容積脈波を時間定数0.01秒で2回微分した波形で検討したところ、容積脈波で問題視されてきた基線の安定と同時に波形の変曲点を強調し、加速度脈波の方が従来の指尖容積脈波や速度波より循環動態の個人差をより明確に捉える良い指標となり得た。そこで本研究では、加速度脈波を用いた。

### (3) 測定原理

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。つまり、指先や耳たぶの毛細血管を流れるヘモグロビンの増減を捉える。そして、血液量の変化を電圧値として捉え、この値がデジタル変換されて数値化してパソコンに表示する。

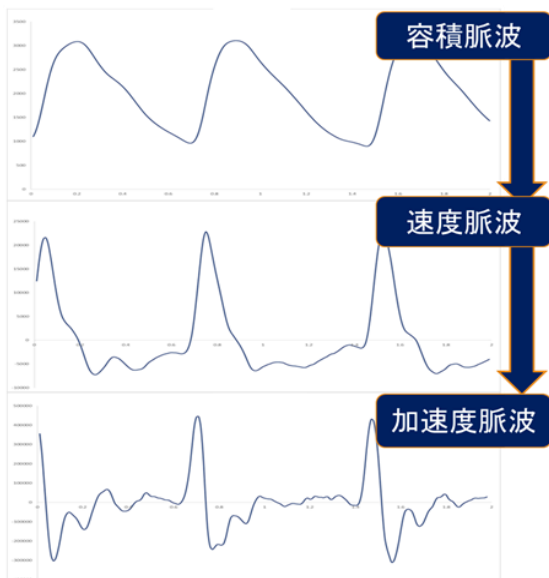


図3 加速度脈波の算出方法

## 3. 生理指標の評価方法

### (1) カオス解析について

脈波や脳波などには、カオスと呼ばれる非線形的性質によって変動することが様々な研究で証明されている。また池口らは、一見ランダムノイズと判断される2種類の時系列信号に対して従来の周波数解析とカオス解析を行った結果、これまでランダムノイズと判断されていた信号から新たな情報を得られる可能性があることが示唆された。

### (2) カオス解析<sup>5)</sup>

カオス解析を行う際、初めに行われる操作はm次元状態空間への埋め込みによるアトラクタの構成する。図4はTakensの埋め込み定理を用いて、脈波の波形を3次元状態空間にアトラクタを構成する場合を示す。時系列信号における点 $x_1$ から遅延時間(time delay)  $\tau$ だけ離れた点 $y_1$ 、さらに $2\tau$ 離れた点 $z_1$ から、ベクトル $P_i(x_1, y_1, z_1)$ を構成し、それを3次元状態空間へプロットする。そして、ベクトル $P_i$ からある一定時間だけ離れた点においても同様に3点からベクトルを構成する。このような操作を時系列信号の最終点にかけて、複数回繰り返す、順次プロットしていくことによって3次元状態空間にアトラクタを再構成する。

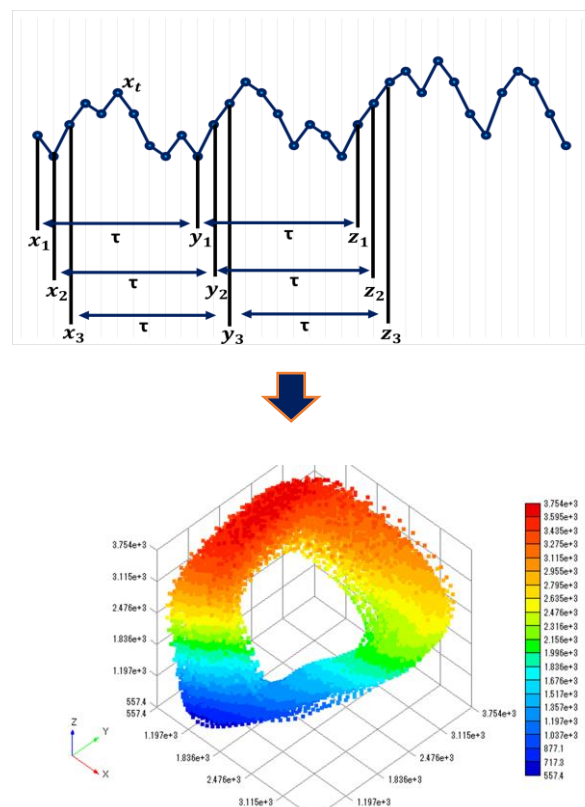


図4 埋め込み定理とアトラクタ

### (3) 埋め込み次元

カオス時系列データを解析する際、アトラクタを描くために埋め込みは必要不可欠である。そのため適切な埋め込み次元  $k$  を決定しなくてはならない。そこで本研究では、伊藤ら<sup>6)</sup>が提案した最小埋め込み次元を決定する方法を用いた。この手法では  $d$  次元において、ある点  $y_i(d)$  の近傍点を近い順に個探し、 $y_{nj(i, a)}(d)$  ( $j=1, 2, 3, \dots, k$ ) とする。  $y_i(d)$  と  $y_{nj(i, a)}(d)$  との距離の平均値 ( $Z_i$ ) と短時間  $s$  を通過した後の  $y_{i+s}(d)$  と

$y_{nj(i, a)+s}(d)$  の距離の平均値 ( $Z_{i+s}$ ) から  $E1$  という指標が次元  $d$  の増加とともにどのように変化を確認する。

$E1$  は

$$E1(d) = \frac{E(d+1)}{E(d)} \dots (1)$$

で定義される。ここで式(1)の  $E(d)$  は

$$E(d) = \frac{1}{N-(d-1)\tau-s} \sum_{i=1}^{N-(d-1)\tau-s} \frac{Z_{i+s}}{Z_i} \dots (2)$$

である。  $E1$  が 1 に収束するとき最小埋め込み次元であると判定した。図5に  $E1(d)$  と埋め込み次元の関係を示す。図5より多少の誤差があるものの、  $E1(d)$  が 1 付近に収束するときの埋め込み次元 ( $d$ ) は、3 から 4 であると確認できる。そこで本研究では、埋め込み次元を 3 と設定する。

### (4) 軌道平行測度法

本研究では藤本ら<sup>7)</sup>が提案した軌道平行測度法を用いる。軌道平行測度法を概念図を図6に示す。この手法では、Takens埋め込み定理によって構成されたアトラクタから埋め込みベクトル  $X_i$  を選択する。そしてユーク

リッド距離において埋め込みベクトルに近い  $m$  個の近傍ベクトル  $X_j$  を選択する。次に埋め込みベクトル  $X_i$  と近傍ベクトル  $X_j$  の軌道に対するそれぞれの単位接ベクトル  $T_i$  と  $T_j$  を導出する。単位接ベクトル  $T_i$  の導出は選択した点  $X_i$  とその前後の点の3点を通る超円を想定し近似的に導出する。同様に、  $T_j$  を求める。こうして求められた単位接ベクトル  $T_i$  を基準としたときに、近傍ベクトルの単位接ベクトル等の方向のばらつきを式(3)により求める。

$$\gamma_i = \frac{1}{4m} \sum_j^m \|T_i - T_j\|^2 \dots (3)$$

$\gamma_i$  : 局所空間における平行度

$m$  : 近傍ベクトル数

$T_i$  : 抽出したデータベクトル  $X_i$  の単位接ベクトル

$T_j$  : 近傍ベクトル  $X_j$  の単位接ベクトル

次に、アトラクタ全体の軌道の状況を判定するため、平均を式(4)により求める。

$$\Gamma = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |\gamma_i| \dots (4)$$

$\Gamma$  : 軌道平行度

$k$  : サンプル数

軌道平行度の値が 0 に近いほど居所空間における軌道が統計的に同じ方向における軌道が統計的に同じ方向にあるということになる。また、軌道平行度が 0.5 に近づくほどベクトルが直行であり、1 に近づく場合はベクトルが反対の向きであることを示す。アトラクタの軌道が乱雑になるほど軌道平行度の値は大きくなる。

本研究では、軌道平行度 ( $\Gamma$ ) を被験者の心理的負担の指標として定義する。軌道平行度を心理的負担の指標と対応させることで、走行中に感じる心理的負担を評価することを試みる。つまり心理的負担が少ない場合には、脈波が安定しているため、軌道平行度は低い値を示し、反対に心理的負担が大きい場合は軌道平行度は大きな値を示すことになる。

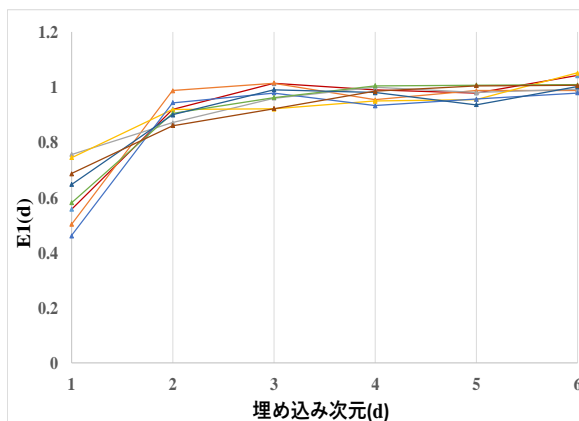


図5 脈波データにおける埋め込み次元と  $E1(d)$  の関係

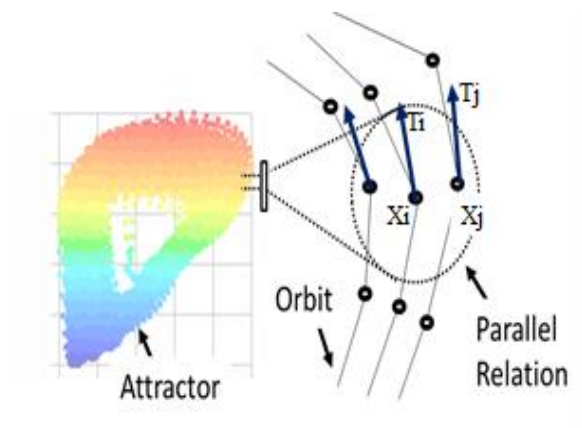


図6 軌道平行測度法の概念図



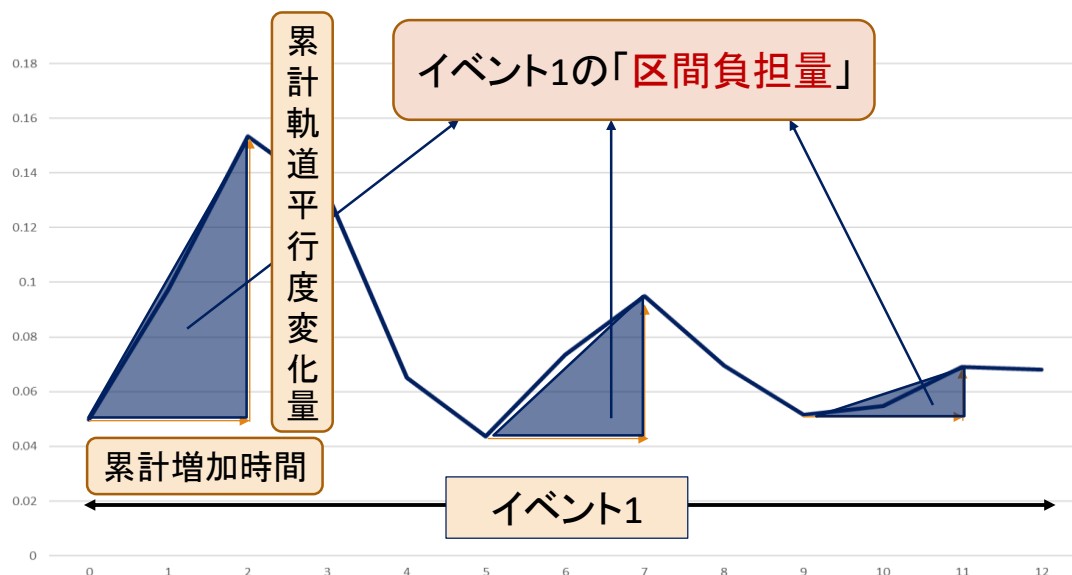


図7 「区間負担量」の概念図

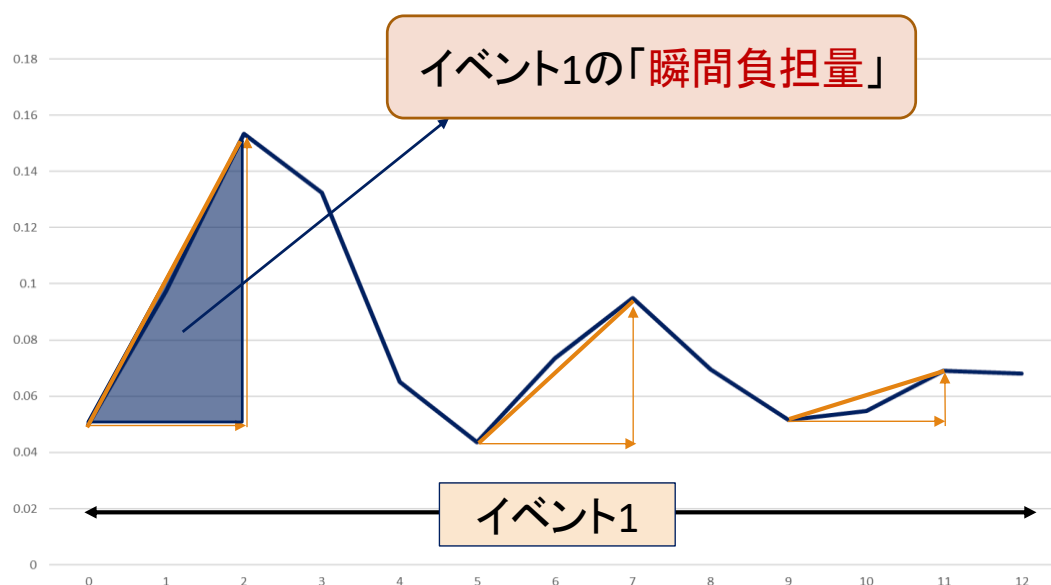


図8 「瞬間負担量」の概念図

#### 4. 負担量の算出方法

##### (1) 区間負担量について

本研究では、軌道平行度の値の大小の関係に着目し、大橋ら<sup>8)</sup>が用いた「地点負担量」の考え方を参考にして特定地点における負担量を分析した。「地点負担量」とは、連続して軌道平行度が増加した時間である累計増加時間とその時間中に増加した軌道平行度である累計軌道平行度変化量を掛けて2で除す(図9)。

本研究では、図9が示すように三角形に近似する。この三角形の総和があるイベントで発生した負担であると定義する。本研究では、この総和を「区間負担量」と示す。

##### (2) 瞬間負担量について

また交通事故は、ある一瞬大きな負担が被験者に加わることで発生する場合もある。そこで、図10が示すように、イベント中において面積が最も大きい三角形を算出した。本研究では、「瞬間負担量」と呼ぶ。これにより最も大きな負担が発生した地点を算出した。

##### (3) 負担量の得点化

全被験者の「区間負担量」や「瞬間負担量」算出した後、全被験者合計の負担量を求めることにより、どの区間が平均的に負担を多く出やすいのかを検討した。

しかし、「区間負担量」や「瞬間負担量」は個人差が考慮されていないことから、そのまま全被験者の「負担

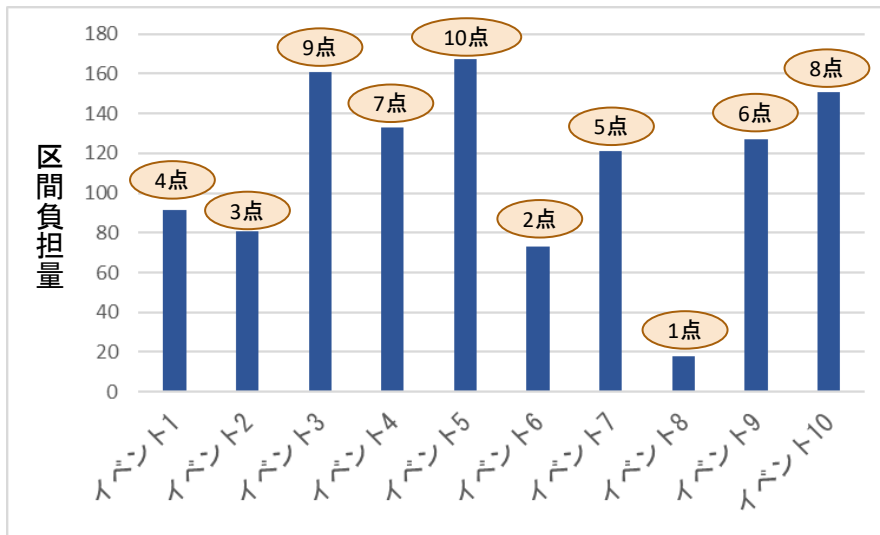


図9 「区間負担得点」の算出方法（被験者A）

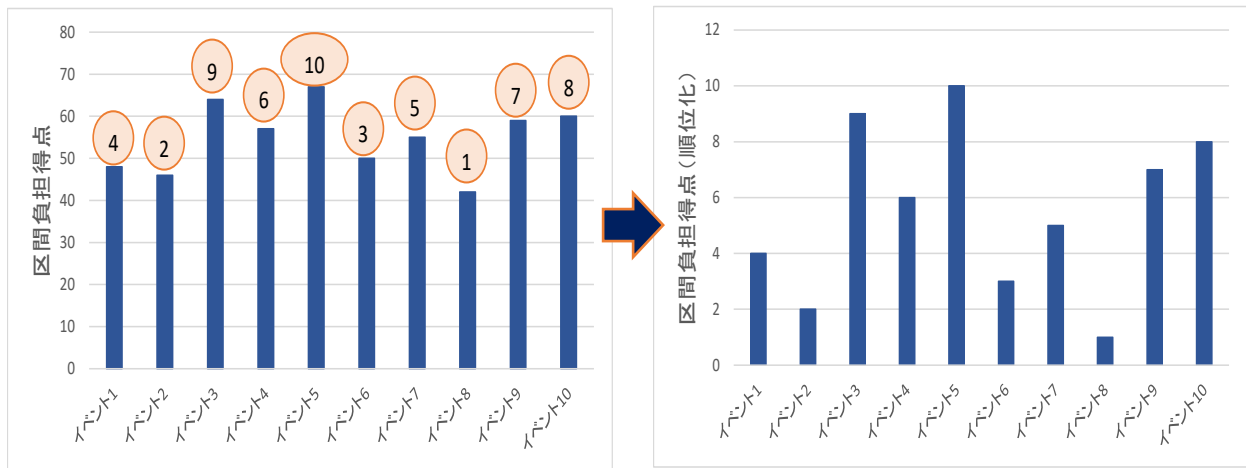


図10 「区間負担得点(順位化)」の算出方法

量」の総和から負担量を算出する方法は望ましくない。

そこで、各被験者における負担量の小さい値から順位をつけ点数化した。例えば、図11にある被験者のイベント1からイベント10までの「区間負担量」の結果を示す。図11より「区間負担量」の値が最も高くなった区間はイベント5であり、反対に最も小さくなった区間はイベント8であることが読み取れる。この場合では、カーブ5は10点、カーブ8は1点、カーブ7は5点のように扱う。これを全被験者に行い、カーブ区間ごとに点数の総和を求める。これを本研究では、「区間負担得点」と呼び、「瞬間負担量」でも同様の処理を行った。

さらに、図12のように全被験者合計した「区間負担得点」や「瞬間負担得点」を小さい値から順位をつけ点数化した。本研究では、「区間負担得点(順位化)」、「瞬間負担得点(順位化)」と表記し、これを用いて負担が発生しやすい区間を評価する。

## 5. 実験概要

### (1) 対象コースの選定

本研究では、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山間部などを対象とした。

一般単路では、多数の単体のカーブまたは連続カーブが多く存在する山間部の道路を対象とし、普段の車の通りが比較的少なく、一時停止や信号機が存在せず停車する必要のない区間を対象にした。これら条件のなかで、普段から事故が多発し最寄りの警察署が積極的に注意喚起を行っている国道413号線「道志道」の区間、山梨県道志村の道志村二里塚ポケットパーク付近～道志川溪谷（図7）を調査対象コースとして設定した。このコースは、山間部の道路の特徴である起伏、多数の単体のカーブまたは連続カーブが多く存在する道路であり、山間部の道路によるカーブや起伏による走りやすいと好まれる

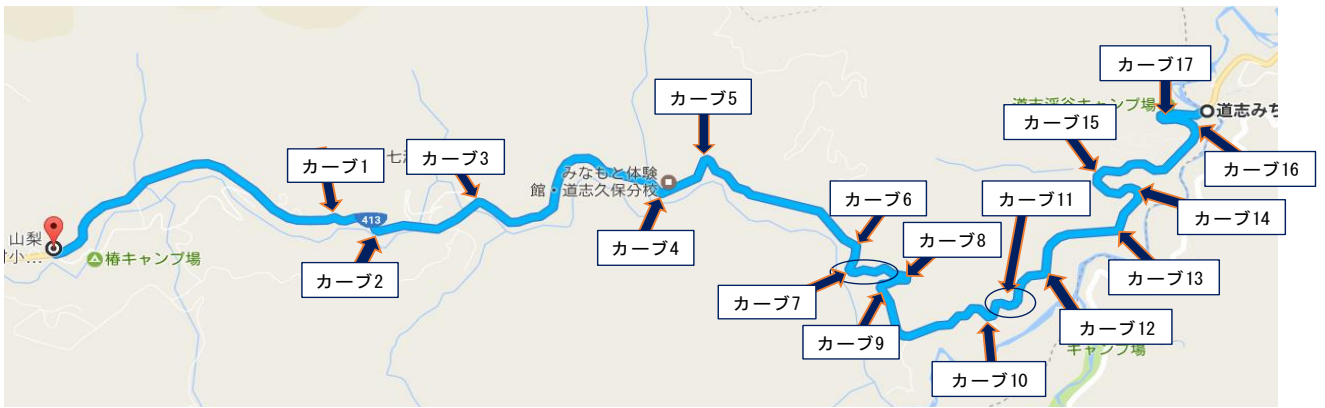


図 11 一般単路（国道 413 号線 道志村二里塚ポケットパーク～道志川渓谷）

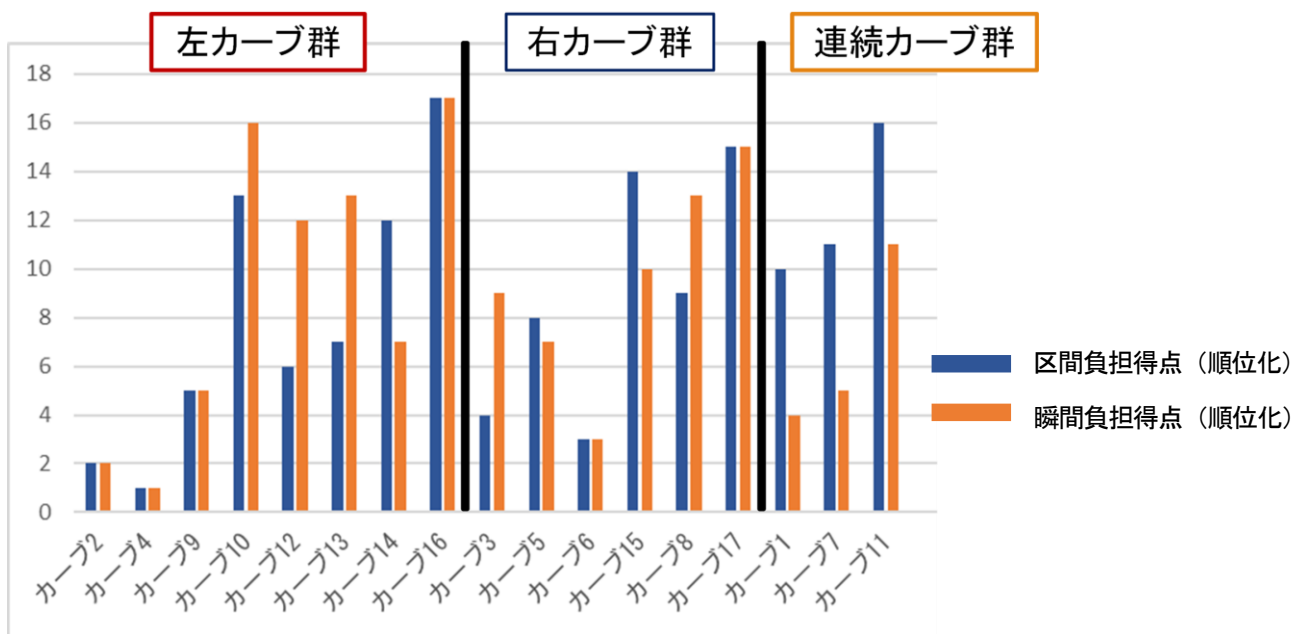


図 12 カーブ曲線方向別における「負担得点 (順位化)」の結果

一方で運転に不慣れなドライバーやライダーの事故が多発している。

## (2) 実験条件

本実験での被験者は、大学生 12 名で 22 歳～25 歳で構成されている。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。また以下の条件を設定した。

- 車線変更を行わない。
- 晴天時に行う。
- 前日の睡眠時間は 6 時間以上で飲酒をしていない
- ピアスやネックレスとの貴金属は外す。
- 車内温度を 24℃～26℃に設定。

## 6. 実験結果と考察

「区間負担得点 (順位化)」と「瞬間負担得点 (順位化)」を算出し、図 12 で示すようにカーブ曲線方向別に分類した。図 12 より、左カーブ群では「区間負担得点 (順位化)」に比べ「瞬間負担得点 (順位化)」が高くなっており、瞬間負担が発生しやすい区間と発生しにくい区間があることが確認できる。そこで、視認性や不快要因の有無の観点から検討した。

また反対に連続カーブ群では、「瞬間負担得点 (順位化)」に比べ「区間負担得点 (順位化)」が高くなることが読み取れる。

### a) 視認性別における「瞬間負担得点 (順位化)」

図 13 に視認性別の左カーブ群の瞬間負担得点 (順位化) の実験結果を示す。図 13 より視認性が悪い方が負

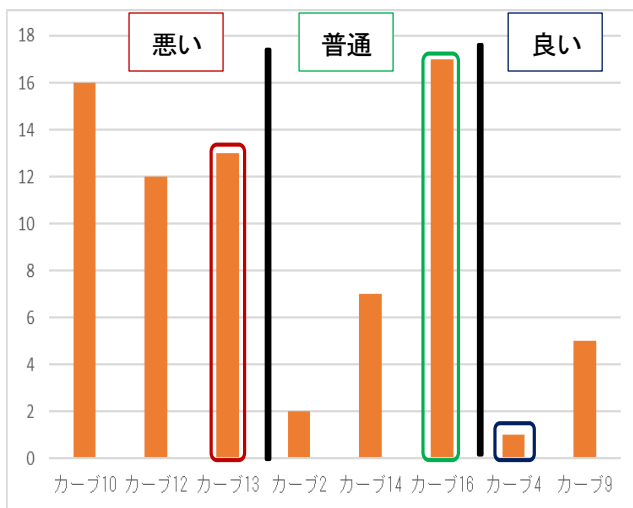


図 13 視認性別の左カーブ群の瞬間負担得点 (順位化)

地点	カーブ4	カーブ13
走行時間	(6s~9s)	(5s~8s)
曲線方向	左	左
視認性	良い	悪い
勾配	無し	無し
カーブ情報 (時間)	・ 減速路面標示 ・ 警戒標識 (約6s~8s)	警戒標識 (7s~8s)

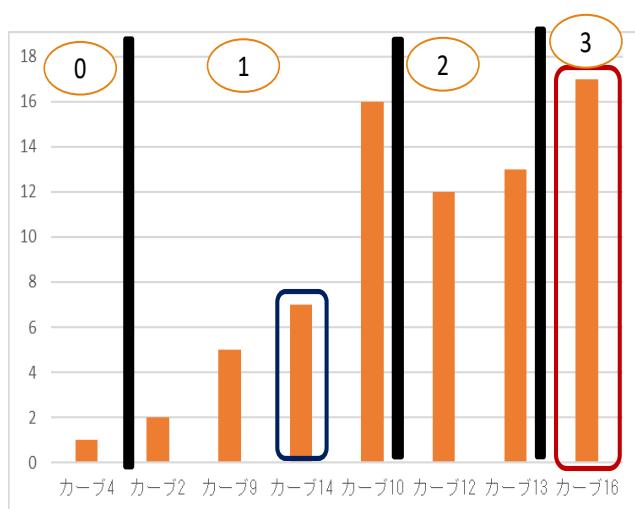


図 14 不快要因数別の左カーブ群における瞬間負担得点 (順位化)

地点	カーブ14	カーブ16
走行時間	(14s~18s)	(12s~16s)
曲線方向	左	左
視認性	普通	普通
勾配	下り	下り
不快要因	1つ ・ 左側沿道が岩肌	3つ ・ カーブがきつい ・ 左側沿道コンクリート壁 ・ 右側沿道の谷

担が発生しやすい傾向にあることが読み取れる。特にカーブ 4 と 13 の大きな違いは、視認性の良し悪しであることが読み取れる。しかし、「瞬間負担得点 (順位化)」では、明確な差があることが読み取れる。

このように明確な差が出た理由として、ドライバーの視線より高いコンクリート塀や岩肌などは、カーブ先の見通しに影響を与え、前方の状況把握が困難な時間が長く続いたため負担を感じる被験者が多くなったことが考えられる。

しかし、カーブ 16 のようにカーブ区間の視認性が比較的悪くない区間においても「瞬間負担得点 (順位化)」が高くなったことから左カーブ群において視認性の良し悪しのみがドライバーの負担に繋がるとは限らないことが考えられる。

#### b) 不快要因数別における「瞬間負担得点 (順位化)」

図 14 に不快要因数別の左カーブ群の瞬間負担得点 (順位化) の実験結果を示す。左カーブの不快要因とは、

奥谷<sup>10)</sup>の研究結果によるものを参考にし、以下に示す。

- ・ カーブがきつい
- ・ 左側沿道に建造物とコンクリート壁・岩肌
- ・ 右側沿道に谷

図 14 より、カーブ 16 とカーブ 14 は視認性や走行時間や勾配など比較的に道路状況が似ている。カーブ 16 は、曲線がきつく、左側沿道がコンクリート壁、右側沿道の谷といった左カーブ区間において不快要因が多く重なり合っている。一方で、カーブ 14 の不快要因は、左側沿道が岩肌のみとなっている。このようには、左カーブ群の負担要因が重なり合うにつれ「瞬間負担得点 (順位化)」大きくなっていることから不快要因が多いほど被験者は運転中に負担を感じていることが考えられる。

#### (2) 連続カーブ群の「瞬間負担得点 (順位化)」

図 12 より連続カーブ群では、「瞬間負担得点 (順位化)」に比べ「区間負担得点 (順位化)」が高くなった。





図15 連続カーブの一例（カーブ1）

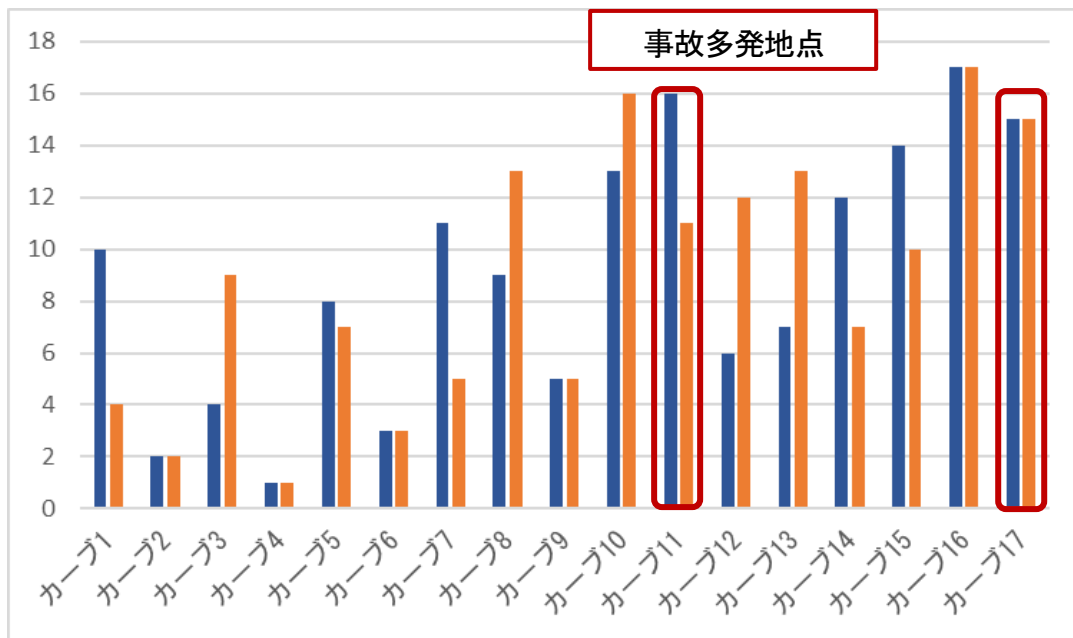


図16 負担得点（順位化）の結果

本研究での連続カーブ区間は、図15が示すように単体カーブが連続している区間となっている。そのため、連続カーブ群であるカーブ1, 7, 17では、大きな負担が複数回発生しており「瞬間負担得点（順位化）」には比べ「地点負担得点（順位化）」は大きくなったと考えられる。またその中で、交通事故多発地点であるカーブ11における「負担得点（順位化）」が高くなっていることから負担量と交通事故との関係性を検討した。

サンプルが少ないため、定量的に言い難いが図16より、従来から事故が多い地点である、カーブ11とカーブ17における「負担得点」が高くなっていることから、事故が多い地点で負担が発生しやすいことが考えられる。

## 7. 結論

実走行のため被験者ごとに多少の交通環境による違いなどがあるものの、以下の知見が得られた。

- 左カーブ区間では、視認性の悪い区間で負担を感じる被験者が多くなった。しかし、カーブ16のように視認性のみが被験者の負担に繋がることは限らないことが確認できた。
- 左カーブ区間の場合、多くの負快要因が重なり合う構造で負担を感じる被験者が多くなった。
- 「負担得点（順位化）」の値は、事故多発地点である地点において、高い値を示した。このことから、軌道平行度による負担量の算出は交通事故と少なからず関係していると考えられる。

このように、従来から事故が多い地点やドライバーが不快に感じるような道路構造で負担量が比較的に高くなったことから脈波は、道路環境の改善を検討する際に一つの選択肢として活用できると考えられる。また、交通事故対策施設が比較的少なく、事故が少ないと認知されているような区間においても潜在的に危険な地点を予測することが可能なのではと考えられる。

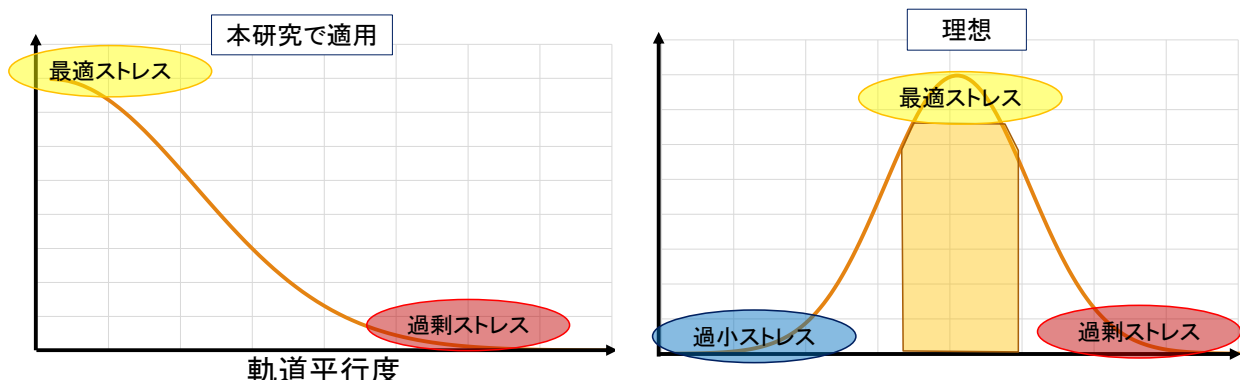


図 17 軌道平行度とストレスの関係性

## 8. 課題点

本研究で適用した軌道平行度の概念は左の図のように軌道平行度が小さい値を示すと脈波が安定しているため負担が少なく、大きい値を示すと負担が大きいと定義した。しかし、本来ストレスとは図 17 のように適度のストレスが求められる。このように、運転中のストレスレベルに対する軌道平行度の閾値を求めることが可能ならば、今後、交通事故対策にドライバーの心理面を活用する幅が広がっていくと考える。

## 参考文献

- 1) 平成 27 年中の交通事故の発生状況について：警察庁交通局交通企画課
- 2) Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Mayer, R.E., Stansifer, R.L. & Castellan, N.J.: Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report Volume1: Causal Factor Tabulations and Assessments, Report No.DOT-HS-805085 (1979)
- 3) 胡 毓瑜, 三好 恵真子：脈波におけるカオス解析の技術開発と展望：中国における心理問題への対処法としての応用展開の可能性, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要.40
- 4) 佐野祐司, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺剛, 西田明子, 小山内博: 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 (3): 129-143, 1985
- 5) 今西明, 雄山真弓：生理心理学における新たな解析手法の提案—生体信号のカオス解析—, 関西学院大学リポジトリ人文論究, 58 (3), pp23-42, 2008.12.10
- 6) 伊藤憲一：雑音を含むカオス時系列データの最小埋込み次元決定方法, 県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要 / 国際情報学部紀要委員会 編 (3), pp23-30 2002
- 7) 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度法 日本ファジィ学会誌 9(4), 580-588, 1997-08-15
- 8) 大橋正, 内田智也, 屋井鉄雄：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, 日本都市計画学会学術論文集 No.35, pp541-pp546, 2000
- 9) 奥谷 巖：アルファ波を用いた道路の走行快適性要因抽出に関する実験的研究, 第 39 回自動制御連合講演会前刷, 321-322 (1996)

## Study on Psychological Burden of Driving on Load Curves using Volumetric Pulse Waves

Okuda Tomoki -Minagawa Masaru

Approximately 90% of traffic accidents are related to driver's human error. It is related to human psychology and physiological condition. In this study, we focused on the psychological aspect of the driver who was liable to be overlooked by using the pulse wave of the biological pulse, and investigated the factor of the burden that the driver feels during driving in the curve section. As the evaluation method, the "section loading amount" and "the instantaneous loading amount" were calculated by using the magnitude relation of the value of orbital parallelism obtained by the chaos analysis of the biological pulse wave. As a result, the following results were obtained. (1) In the case of poor visibility on the left curve or when multiple discomfort factors overlap, the "instantaneous load amount" of the driver increases. (2) In the continuous curve group, there is a tendency that the "point burden amount" is larger than the "instantaneous burden amount"(3) Relatively high burden is likely to occur at traffic accident frequent spots