

# 普段の自動車運転時における 運転ストレスに関する基礎的研究

佐藤 充<sup>1</sup>・金森 亮<sup>2</sup>・山本 俊行<sup>3</sup>・森川 高行<sup>4</sup>・安藤 章<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 名古屋大学大学院 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学大学院 特任准教授 未来社会創造機構

E-mail: kanamori.ryo@nagoya-u.jp

<sup>3</sup>正会員 名古屋大学 教授 未来材料・システム研究所

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 名古屋大学 教授 未来社会創造機構

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

<sup>5</sup>正会員 名古屋大学 客員教授 未来社会創造機構 (株式会社 日建設計総合研究所)

日本では高齢化社会、訪日外国人ドライバーの増加など道路利用者の多様化が進んでいる。こうした中、道路利用において従来からの時間短縮、費用最小という指標に加え、安全性や快適性といった新たな指標の確立が求められている。本研究では、新たな指標として主観的な運転ストレスに着目し、埼玉県で一般市民を対象とした2週間の走行実績データを収集し、申告された運転ストレスの発生要因の分類、さらに道路構造、心拍、天候などの要因との関係を分析した。また、運転ストレスに関するイベント回避時間と回避支払意思額も質問し、基礎集計を行った。分析結果から、路上駐車、逆光などが運転ストレス発生確率を上げること、ストレスに対し心拍が遅れて反応することを確認した。

**Key Words :** *driving stress, heart rate, logistic regression model*

## 1. 序論

### (1) 背景および目的

道路利用者の満足度の定量化として、時間短縮と費用最小という2つが軸になってきた。道路整備もこれらを中心にされてきたといっても過言ではない。しかし、我が国は、人口減少による交通量の減少や高齢化社会、グローバル化による外国人ドライバーの増加などその道路利用の多様化が一層進むことになる。そこで、経済効率性のみならず、安全性や快適性といった新たな指標の確保が求められる。安全性や快適性を説明する手法として生体指標を利用する研究は多くあるが、生体情報の計測機器が非常に大きく、実験実施が困難であった。しかし、近年は計測機器の小型化が進み、実際の運転中でも生体情報を得ることができるようになっている。そのため、運転中の生体情報や、外部障害物認知装置などを用いたストレス評価によるストレスフリー交通ナビゲーションなども期待できる。

本研究では、あらゆる年齢層のドライバーに普段の運転の様子をドライブレコーダーの映像にとってもらい、生体情報として心拍計測機器をつかって心拍数をはかった。また、運転ストレスとして、個別ドライバーの主観

的な「不快」と「不安」に該当する事象を申告するアンケート調査も実施した。さらに各ストレス事象に関して、そのストレス事象を回避する為の迂回経路の許容増加時間(分/回)と回避する為の支払い意思額(円/回)も質問し、新たな運転評価指標としての運転ストレス回避価値を検討する。

本研究の特長としては、①実際のドライバーのストレスをドライブレコーダーの映像とその内容申告によって得ているので、ストレスの原因の分類が可能であること、②ストレス事象の回避のための迂回時間、支払い意思額を質問していること、③事前に指定された実験コースでのストレス申告ではなく、一般ドライバーが普段の運転中に感じたストレスについてデータ収集していること、が挙げられる。

### (2) 既往研究と本研究の位置づけ

運転ストレスの定量化に関する研究は過去に多くなされてきた。金森ら(2015)は、実走行実験によって複数の生体情報(Oxy-Hb・deOxy-Hb・心電図・呼吸・皮膚温度・発汗)から運転ストレスの定量化を試みた。分析結果より、運転ストレスと生体データ反応には複雑な関係性があり、複雑な反応過程は生体データにてある程度説

明可能であることを示した。橋本・海野 (2016) はストレス時の反応としてRR間隔に着目し、ホルター心電計を用いて生活道路内走行時のストレス反応および、生活道路内に設置したランプがドライバーにどの程度ストレスを与えるのか分析した。分析の結果、対向車視認時にはより車幅の狭い道において強くストレス反応を示し、路上駐車視認時においてより車幅の狭い道と駐車位置が左側のときにより強いストレスを感じる事がわかった。しかし、路上駐車、対向車だけでなく、自転車・飛び出し・横断などを含む細かい分類でストレスの指標を作ることが課題となっている。

ストレスに対する時間的な定量化について、Goodwin (1976) は活動中の生理的なデータによって相対的時間価値の提案を行った。消費エネルギー、心拍数、皮膚表面の電気抵抗の変化などの観測データをもとに鉄道やバスの待ち時間の時間価値が車両内時間の2倍であり、徒歩の時間価値が車両内時間の約2.5倍と推計している。ドライバーの運転負担感受性の指標化について、石橋ら(2004)は運転スタイルチェックシートと運転負担感受性チェックシート (WSQ) という質問紙を作成し、ドライバーの運転負担感受性を簡便に評価できる手法を検討し、その妥当性を示した。また、ドライバー特性の違いが対処行動に現れる側面として経路選択の嗜好に着目し、従来の個人属性指標 (年齢、性別、運転経歴、習慣等) と比較してWSQのほうが嗜好の違いをより明確にでき、なおかつ経路選択嗜好の違いがWSQ得点に現れ、WSQ尺度が嗜好の違いを説明できる可能性が分かった。

本研究では、これまでの研究ではなされていなかった指定コース以外での一般ドライバーの普段の運転時のストレスに着目する。生体データとして心拍数を使い、運転ストレスへの影響を分析する。さらに、普段の運転時に感じる運転ストレス発生モデルを構築し、道路構造、天気、交通状況などさまざまな要因を探る。

## 2. 走行実験概要

さいたま市および周辺の住民を対象に、性別、年代、運転頻度、浦和への運転頻度等を考慮して被験者 61 名を選出した。一般の被験者の自家用車にドライブレコーダーを装着してもらい、普段の運転の様子を2週間、記録してもらった。また、運転時は心拍計測器をつけて運転中の心拍数を測定した。さらに、2種類の日報を書いてもらい、モニターの運転記録を収集した。

日報① 稼動日誌

日報② 運転ストレス記録

### (1) 稼動日誌

被験者には、ドライブレコーダー稼動時間と心拍計測器装着記録を月日、何時何分から何時何分までかを記載してもらった。これにより家族で共有している自家用車であっても、被験者自身が運転しているか判断できる。

### (2) 運転ストレス記録

ドライブレコーダーを記録している間の運転中に感じたストレスに関して、運転終了後に振り返りながら記録用紙に記載してもらった。被験者が感じたストレスは、「不快」または「不安」の2種類に分けてもらい、ストレスを感じた状況をできるだけ詳しく自由に記述してもらおう。同時に、各ストレス事象を回避しようとした場合、迂回してもいい時間すなわち「ストレス回避のための迂回許容時間」と、ストレスを回避しようとした場合の支払ってもいい金額「ストレス回避のための支払い意思額」を回答してもらった。

なお今回の実験で「不快」「不安」は次のように定義した。

「不快」：他車の無配慮運転 (割り込み、譲らない、煽りなど) や先の読めない渋滞区間の運転など

「不安」：苦手な運転シーン (右折、車線変更、合流、駐車など) や不案内な地域での運転など。

表-1 不満足度シート

| 内容     | 不満度   | 箇所                  | 状況   | 日時                   | 回避する場合     |            |
|--------|-------|---------------------|--|----------------------|------------|------------|
|        |       |                     |  |                      | 迂回時間 (分/回) | 支払い額 (円/回) |
| 不安・不快  | 高・中・低 | (交差点や通り名など)         | (できるだけ詳しく)   | 月・日・時・分頃             | 迂回時間 (分/回) | 支払い額 (円/回) |
| (例) 不快 | 中     | 〇〇交差点にて<br>□□駅方面に走行 | 専用車線も矢印信号もない交差点で右折する際、複数の後続車があり、右折タイミングを見計らうときに感じた | 2017/8/16<br>20時30分頃 | 2          | 10         |

### 3. 運転ストレスの分析データ

本章では使用するデータの詳細について記述する。使用するデータは6種類に分けられる。①運転中の被験者の生体指標、②自動車の速度データ、③道路構造データ(車線数、中央分離帯の有無など)、④交通状況データ(前方の歩行者数、気候など)、⑤被験者事後アンケート、⑥被験者の主観的なストレス申告内容、である。

#### (1) 運転者の生体データ

運転者が運転中にストレスを感じた際、その反応が心拍に影響を与えると仮定し、その変化の仕方を研究する為に、被験者に心拍数を計ってもらった。具体的な方法としては、心拍計測機器を腕にはめてもらい運転してもらう。同時に、心拍受信機器としてスマートフォンを渡し、データとして心拍数を保存した。

#### (2) 自動車の速度データ

今回使用する心拍計測器は活動者の移動速度も図ることができるので、この速度を自動車の速度とみなす。

#### (3) 道路構造データ

ドライブレコーダーの映像から運転ストレスに影響を与えるとおもわれる道路構造データを目視にて、1秒毎に記録する。今回、抽出したデータは全体車線数、中央分離帯の有無、歩車分離帯の有無、街路樹の有無、進行方向側の車線数、である。

#### (4) 交通状況データ

道路構造データに加えて、歩行者数なども運転を妨げる要因として考慮する必要がある。今回、抽出したデータは路上駐車数、前方自転車数、前方歩行者数、逆光の有無、天気(晴れ、雨、曇りのいずれか)、自車と同じ車線を通る前方車両数、自車が通る車線より左側の車線を通る前方車両数、自車が通る車線より右側の車線を通る前方車両数である。路上駐車、歩行者、自転車利用者に関しては、映像に映りこんだ瞬間から、写らなくなる瞬間までを記録してある。

運転中にストレスを与える要因は道路構造だけでなく、前方歩行者や前方に走る自転車の数なども関係すると想定される。そのため、本研究では申告のあったストレスを一つ一つドライブレコーダーで確認し、記載内容と照らし合わせてストレス体感時間を計測した。

(例)トラックが2台くらいとまっていてよけるのが面倒だった。

→ドライブレコーダーにおいてトラックが映像に映った瞬間から映像に映らなくなるまでの時間を測定

このストレス体感時間を軸に開始前・終了後の2分間のドライブレコーダーの映像から、ほかに毎秒映像に映りこむ障害物をデータ化した。具体的には、路上駐車の数、前方自転車数、前方歩行者の数、逆光の有無、前方を走る車両の数、天気(晴れているかどうか)である。これらを、運転中のストレスに影響を与える要因と想定して毎秒映像からデータ化した。

#### (5) 被験者事後アンケート

今回、走行実験を通して被験者には実験が終わり次第、運転者特性を調査する目的で事後アンケートを実施した。内容を以下に挙げる。

##### a) 運転感受性チェックシート

石橋ら(2004)は、一般ドライバーを対象に運転中負担が大きくて疲れを感じたことがある運転場面208件を抽出し、類似した場面を集約して「路上駐車が多い道」「深夜に運転」のような負担が生じそうな116場面を質問項目として運転感受性チェック項目の候補に設定している。質問紙を用いて参加者にそれぞれの運転場面が続いた場合に負担を感じる程度を「1.気にせず運転する」「2.気配りしながら運転するが負担ではない」「3.運転することを少し負担に感じる」「4.緊張や無理をしいられて負担が大きい」「5.負担が過大で運転したくない」の5段階で評価してもらう。質問項目に対して主因子法によって因子分析を行い運転負担を構成する10因子を明らかにした。その結果を簡便な形で指標化したものが運転負担感受性チェックシート(WSQ)である。導き出された10因子を下に示す。

- ・交通状況把握：周囲交通との関わり合いや情報取り込みの煩雑さ
- ・道路環境把握：車外環境(道路、天候、明るさ)の変化、煩雑さ、悪さ
- ・運転への集中阻害：車内の人(自分も含む)やモノに対する配慮
- ・身体的活動度への影響：運転に際しての心身状態(体調、生活リズム)の悪さ
- ・運転ペース阻害：自分にあった運転ペース阻害
- ・身体的苦痛：身体的苦痛の発生、長時間拘束
- ・経路把握や探索：自車位置や行き先情報の取り込み、位置関係の把握
- ・車内環境：車室内の環境(寒暖、空気質など)の悪さ
- ・制御操作：運転制御の煩雑さ
- ・運転姿勢：シートやレイアウトのフィット性の悪さ

このWSQを被験者に答えてもらうことで、その人の運転負担感受性の個人特性が把握できる。本実験では、各運転負担因子に対する被験者の抵抗性を個人特性として

表-2 分類別運転ストレス申告数

|          | 不快   | 不安   |
|----------|------|------|
| 道路構造     | 27件  | 90件  |
| 他車両の動き   | 85件  | 52件  |
| 人・自転車の動き | 31件  | 41件  |
| 路上駐車     | 23件  | 3件   |
| 渋滞       | 67件  | 3件   |
| 工事       | 7件   | 0件   |
| 天候       | 1件   | 3件   |
| 合計       | 241件 | 194件 |

表-3 ストレス体感時間と体感割合

| ID | 申告件数 | 体感時間(秒) | 割合(%) |
|----|------|---------|-------|
| 1  | 27   | 435     | 0.87  |
| 2  | 17   | 261     | 1.02  |
| 3  | 7    | 973     | 0.83  |
| 4  | 6    | 112     | 0.27  |
| 5  | 3    | 558     | 1.30  |
| 6  | 60   | 1431    | 4.02  |
| 7  | 4    | 82      | 0.14  |
| 8  | 6    | 901     | 2.60  |
| 9  | 1    | 15      | 0.03  |
| 10 | 11   | 1017    | 1.56  |
| 11 | 15   | 120     | 0.23  |
| 12 | 13   | 258     | 0.46  |
| 13 | 8    | 710     | 2.32  |
| 14 | 7    | 247     | 0.73  |

出す為に、回答が「1.気にせず運転する」のときは5点、「2.気配りしながら運転するが負担ではない」のときは4点、同様に「5.負担が過大で運転したくない」のときは1点とし、大小を逆転させ、それを運転負担因子に対する抵抗性として得点化した。この際、全38項目の質問事項の中で各負担因子が関係する質問項目に対する得点の平均をその負担因子に対する抵抗度とした。

#### (6) 被験者の主観的なストレス申告内容

本実験では、男女年齢様々な世代のドライバーに運転ストレスを感じた場面を申告してもらい、不安/不快、その迂回時間と支払い意志額がどれくらいになるかを調査した。

### 4. 運転ストレスに関する基礎分析

#### (1) 運転ストレス申告

本稿では、被験者35人の運転ストレス申告結果を用い

て、表-2のように分類結果を整理した。被験者の運転ストレスのうち、不快と感じるストレスの方が不安と感じるストレスより多かった。また、今回すべての被験者の申告内容を原因別に分けると大きく7つに分類できた。不快と感じるストレスは主に他車両の動き、渋滞が大きく占めており、一方不安のストレスは道路構造、他車両の動き、人・自転車の動きが大きく占めている。

#### a) 道路構造によるストレスの具体例

- ・道路が狭く、電柱も張り出していて通りづらい。
- ・T字路で右折する際、ブロック塀が邪魔で状況把握が困難。
- ・狭い道でなおかつS字カーブになっていて圧迫感。

#### b) 他車両の動きによるストレスの具体例

- ・青信号なのに前の車が進まずストレスを感じた。
- ・タクシーが無理な割り込みをしてきた。
- ・前の車がハザードをつけて路駐するかとおもい、狭い道だからイラっとしたが、建物の駐車場へバックで入って行っただけだった。

#### c) 人・自動車の動きによるストレスの具体例

- ・自転車が不安定な動きをして車道を通った。
- ・歩き方が危険な親子二人組がいた。
- ・路肩にとまっていたトラックの運転手が横を通過するときに路肩から運転席にでてきた。

#### d) 路上駐車によるストレスの具体例

- ・カーブにトラックが路上駐車していて通りづらい。
- ・コンビニの横に路上駐車。しかも左側に寄せず、とめているため、結局対向車が通り過ぎるまでいけず、相当イラつく

#### e) 渋滞によるストレスの具体例

- ・日常的に渋滞が起こる道。
- ・対向車線で渋滞。交差点右折時に対向車がいたため右折できず。

#### f) 工事によるストレスの具体例

- ・電話工事をしていたため、片側通行になっていた。
- ・工事用の車両が止まっていたため、警備員が対応していたが雑な対応でいらついた。

#### (2) ストレス体感時間

本稿では、ドライブレコーダーの映像のデータ整備ができた35人中14人分のデータを用いて分析を行う。ストレス体感時間に関しての基礎集計14人分のデータで集計した。表-3、および図-1は、14人すべての不快率、不安率、ストレス体感時間割合を示している。

表-3 および図-1の結果から同期間にストレス申告を依頼しても、ストレス申告数は人によって大きく異なり、不快率や不安率も大きな共通点は見られない。

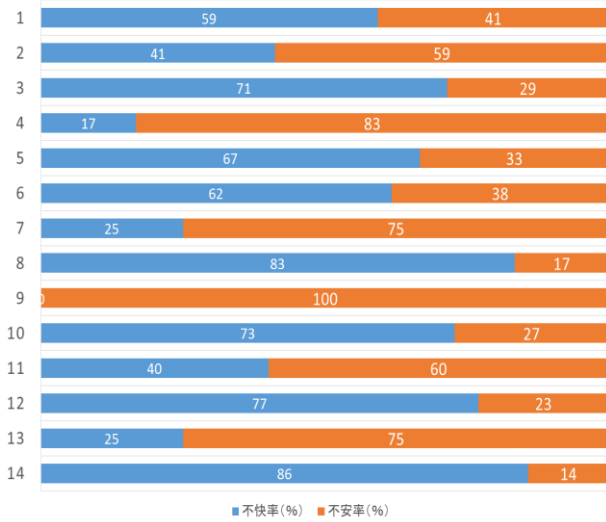


図-1 不快率と不安率

運転時の不満度を「回避するための時間」を回答することは難しかった

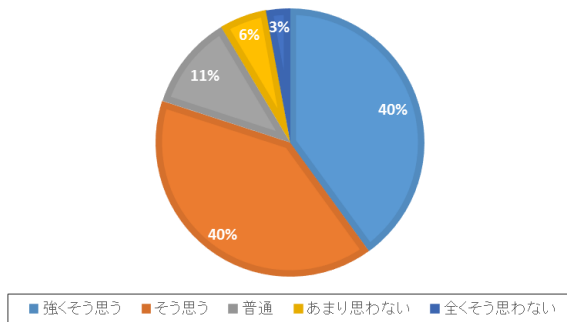


図-2 迂回時間

すなわち、ストレスの感じ方、認知の許容範囲は運転頻度や運転スタイルなどの個人によって異なっていることが確認できる。したがって、個人ごとのストレス感受性を指標化できると、今後運転ストレスの研究に大きな貢献になる。今回はドライブレコーダーの映像からストレス体感時間を計算し集計した。ストレス体感時間はどの被験者も5%を切っており、その平均値は1.2%となっている。すなわち今回の実験の被験者は約100秒間に1秒間だけストレスを感じていることになり、運転中にストレスを感じる時間は極めて短いということが明らかになった。

### (3) ストレス回避のための迂回時間

あるストレスを感じた時に人はそのストレスを回避するためにどの程度の時間を犠牲にできるかを把握するため、ストレス回避のための迂回時間を質問した。しかし、図-2のように被験者35名の8割が運転時の不満度を回避するための時間として回答することが難しいと感じている。特に今回、迂回時間に対して0(分/回)、無回答の被験者が多く見られた。被験者によってとらえ方は様々であるが、ストレスを迂回時間に変換することに対して、違和感がある被験者が多くいることは間違いないであろう。この手法に関して、説明を工夫することや、実際の事例を示すことで迂回時間という概念をより知ってもらう必要があると思われる。

すべてのストレス申告について不快と不安に分類し、その迂回時間をまとめたものが図-3と図-4である。不快

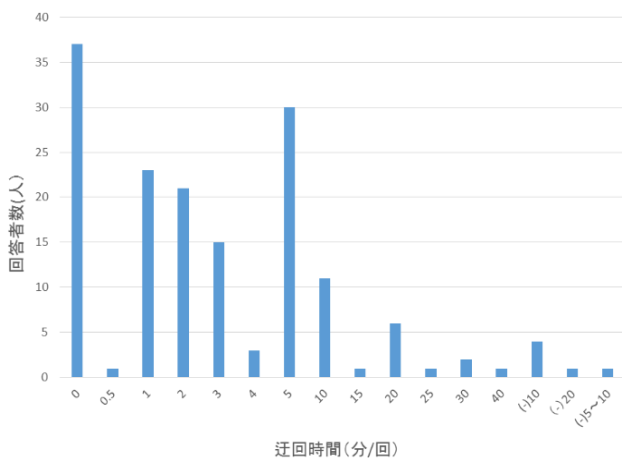


図-3 不快ストレスの迂回時間

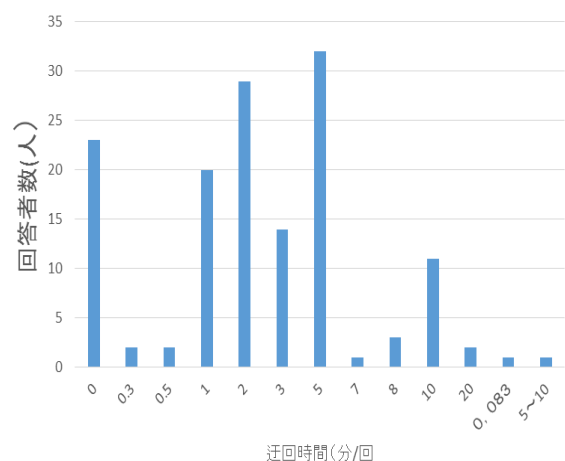


図-4 不安ストレスの迂回時間

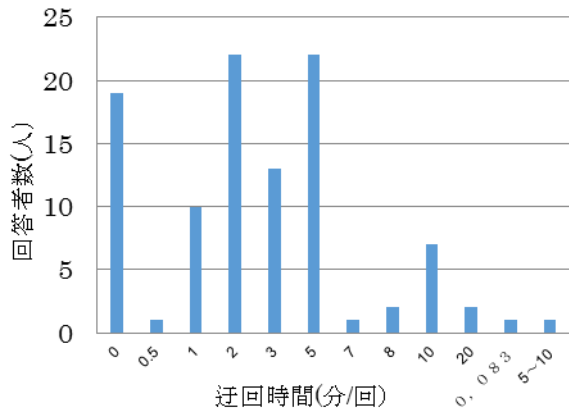


図-5 道路構造によるストレス

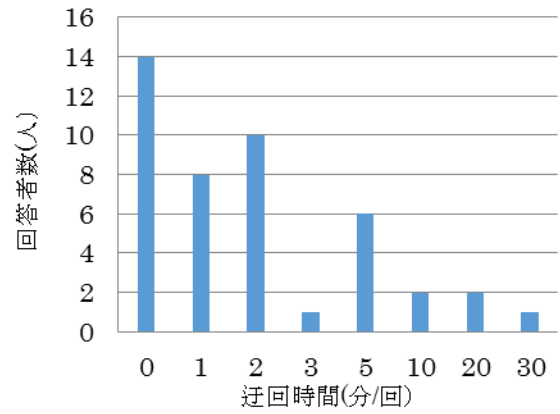


図-6 人・自転車の動きによるストレス

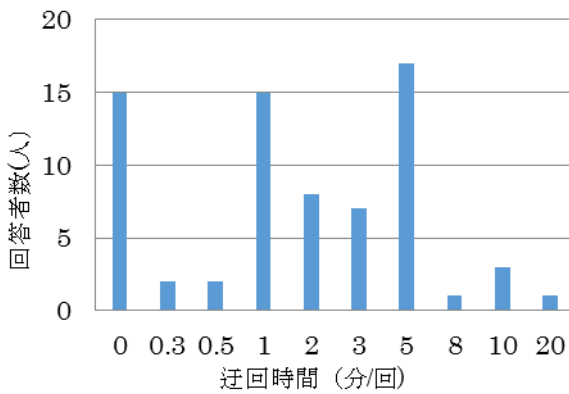


図-7 他車両の動きによるストレス

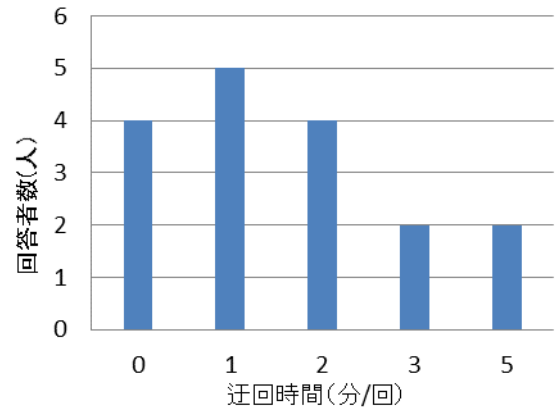


図-8 路上駐車によるストレス

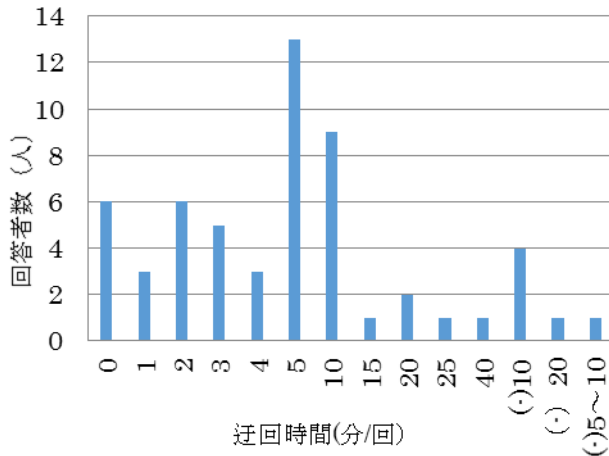


図-9 渋滞によるストレス

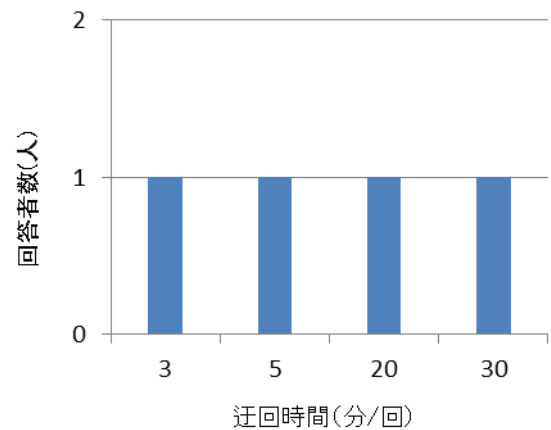


図-10 工事によるストレス

表-4 迂回時間 平均値

|         | 道路構造 | 人, 自転車 | 他車両  | 路上駐車 | 渋滞   | 工事   |
|---------|------|--------|------|------|------|------|
| 平均(分/回) | 3.37 | 3.43   | 2.52 | 1.71 | 6.34 | 14.5 |
| 無回答数    | 16   | 28     | 71   | 9    | 14   | 3    |
| サンプル数   | 117  | 72     | 137  | 26   | 70   | 7    |

に関するストレスは迂回時間の平均値が 4.23(分/回), 無回答が 83 件であった. 不安に関するストレスは迂回時間の平均値が 3.21(分/回), 無回答が 53 件であった. 不

快, 不安に分類すると大きな差は見られなかった.

申告されたストレスを原因別に分類したときの迂回時間の基礎集計を図-5~図-10 に示す. ただし, 無回答は除

いてある。

今回、回答に0と記入した人や無回答の数がかなり多かった。他車両の動きなど突発的なストレスに比べて渋滞などストレス体感時間が長いストレスに対しては総じて迂回時間が長い傾向が見られた。

#### (4) ストレス回避のための支払い意思額

迂回時間と同様、ストレス回避のための支払い意思額を質問した。運転スタイルなど個人特性や、ストレスの原因、ストレス体感時間などが、このストレス支払い意思額にどう影響を与えるか分析を行う。まず、この手法自体に対する被験者の意見を図-11に示す。迂回時間と同様に、約8割の被験者があるストレスに対して、それを回避するための支払い意思額として回答することが難しいという結果になった。

迂回時間同様に、説明方法の工夫などが求められ、実用化にはまだ時間がかかる。次に、不快と感じたストレスと不安と感じたストレスに対して支払い意思額がどう変わるかを示したものが図-12および図-13になる。

不快と感じるストレスに対しての支払い意思額の平均は147(円/回)、無回答が75件であった。不安と感じるストレスに対しての支払い意思額の平均は27.7(円/回)、無回答が60件であった。不快と感じるストレスに対してのほうが敏感に反応することが分かった。

次に、ストレスの原因別の支払い意思額の集計を図-14～図-19に示す。支払い意思額に関しては渋滞が明らかに大きい値となった。総じて支払意思額を10(円/回)と回答する被験者が大きく、今後支払い意思額の基準として参考になる。

運転時の不満度を「回避するための費用(支払い額)」を回答することは難しかった

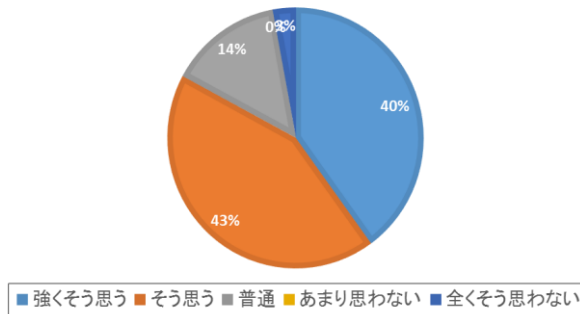


図-11 支払い意思額

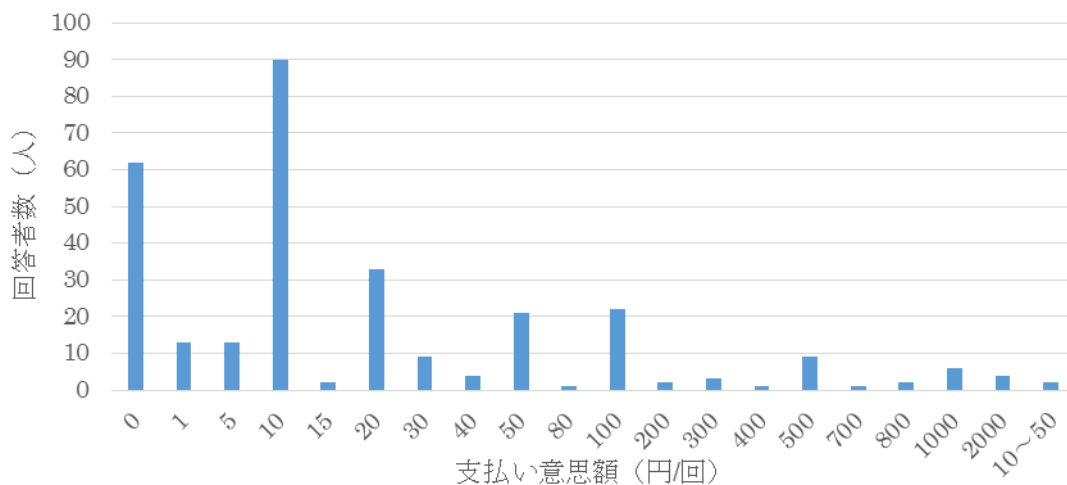


図-12 不快と感じるストレスに対しての支払い意思額

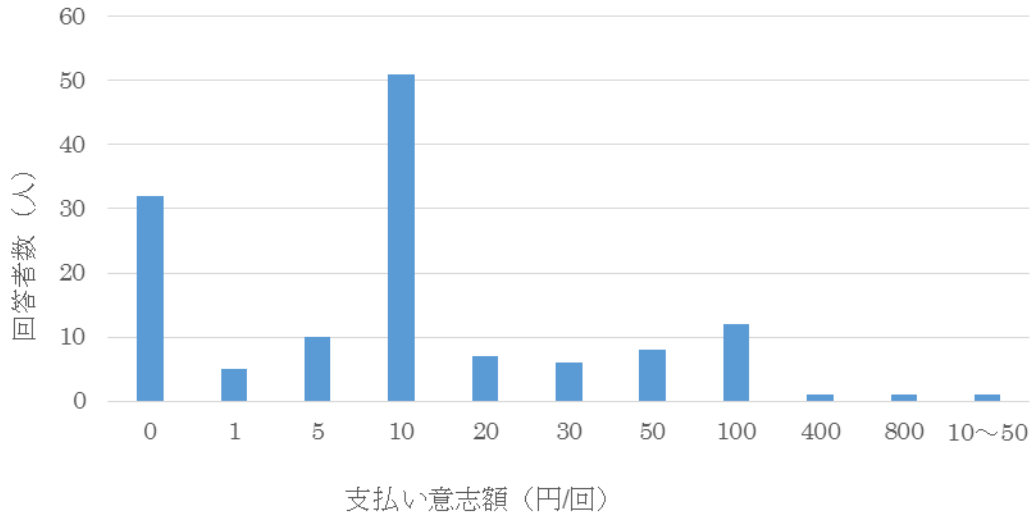


図-13 不安と感じるストレスに対する支払い意思額

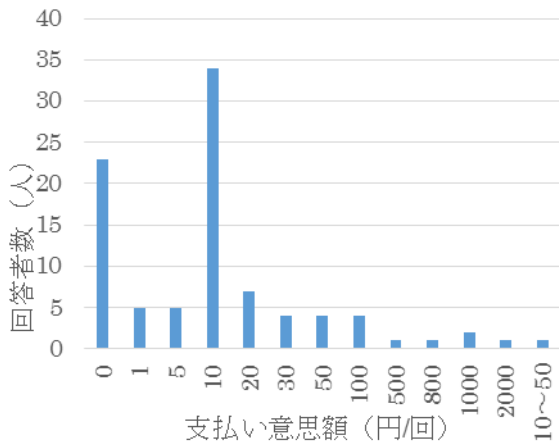


図-14 道路構造によるストレス

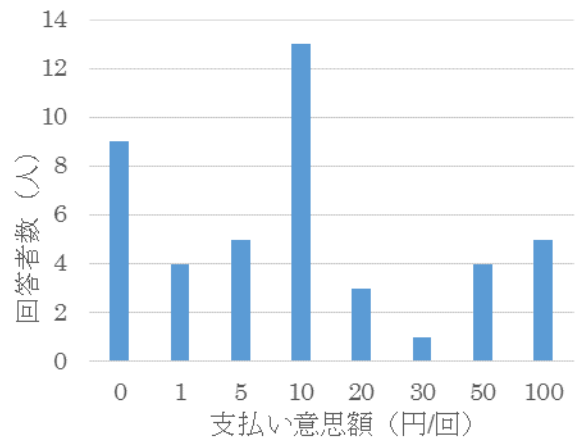


図-15 人・自転車の動きによるストレス

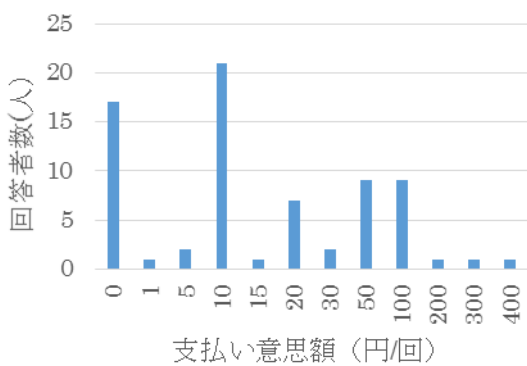


図-16 他車両の動きによるストレス

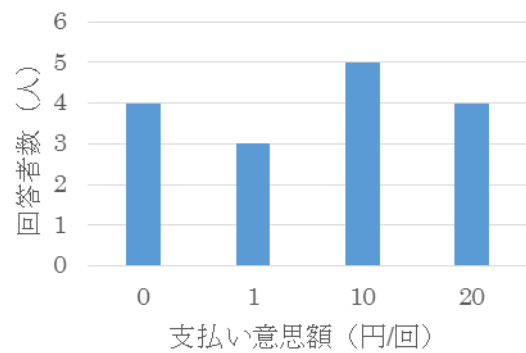


図-17 路上駐車によるストレス



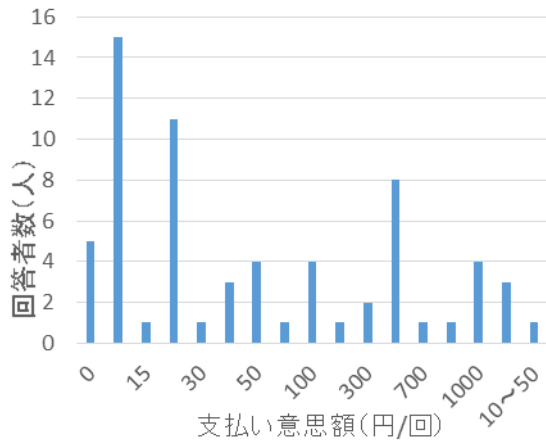


図-18 渋滞によるストレス

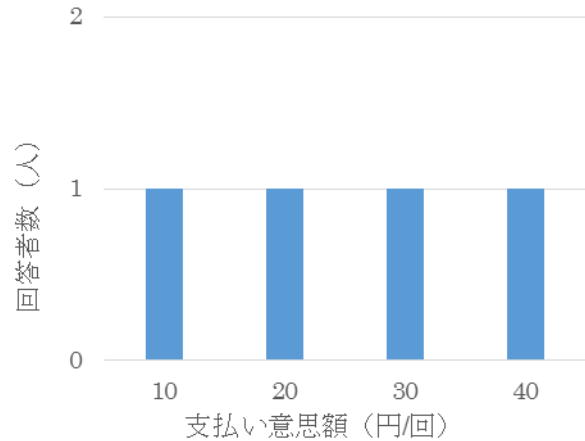


図-19 工事によるストレス

表-5 支払意思額 平均値

|         | 道路構造 | 人, 自転車 | 他車両  | 路上駐車 | 渋滞     | 工事 |
|---------|------|--------|------|------|--------|----|
| 平均(円/回) | 71.6 | 21.56  | 36.2 | 8.31 | 269.46 | 25 |
| 無回答数    | 25   | 28     | 65   | 10   | 4      | 3  |
| サンプル数   | 117  | 72     | 137  | 26   | 70     | 3  |

表-6 迂回率に関する重回帰分析

| 説明変数        | 推定値     | t 値   |
|-------------|---------|-------|
| 定数項         | -20.4   | -1.8  |
| 年齢          | 0.250   | 0.8   |
| 運転歴         | -0.0677 | -0.1  |
| 交通状況把握      | 10.3    | 3.9   |
| 運転ペース阻害     | -0.102  | -0.04 |
| 身体的苦痛       | 3.04    | 1.1   |
| 運転姿勢        | -3.07   | -1.2  |
| 不快ダミー       | -4.77   | -1.9  |
| 迂回率の平均値 (回) | 12.7    |       |
| サンプル数       | 94      |       |
| 修正決定係数      | 0.261   |       |

表-7 支払い意思額に関する重回帰分析

| 説明変数    | 推定値    | t 値  |
|---------|--------|------|
| 定数項     | -10.2  | -2.1 |
| 年齢      | 0.368  | 1.7  |
| 運転歴     | -0.499 | -1.8 |
| 交通状況把握  | -1.00  | -0.9 |
| 運転ペース阻害 | 3.38   | 2.9  |
| 身体的苦痛   | 3.52   | 3.0  |
| 運転姿勢    | -3.02  | -2.7 |
| 不快ダミー   | 0.512  | 0.5  |
| 支払い額平均値 | 2.81   |      |
| サンプル数   | 97     |      |
| 修正決定係数  | 0.217  |      |

## 5. 迂回率と支払い意思額に関する重回帰分析

本章では、WSQ によって得た運転負担感受性や、運転歴といったドライバーの個人属性と迂回率や支払い意思額の関係について重回帰分析によりモデル化を行う。本章では、迂回時間をストレス体感時間で除した値（迂回率）と支払い意思額をストレス体感時間で除した値（ストレスを感じる1秒間辺りの支払い意思額）をそれぞれ従属変数に設定する。

### (1) 説明変数

表-6、表-7 に示す 7 種類の説明変数を用いる。なお、WSQ をもとにした運転負担 10 因子に対する抵抗性の得点はそれぞれ相関係数が高いものは除き、次の 4 種類に絞った。年齢、運転歴、交通状況把握、運転ペース阻害、身体的苦痛、運転姿勢、不快ダミー

なお、迂回時間も支払い意思額も無回答と記入されたデータを排除してモデルを作成した。

### (2) 分析結果

迂回率を見ると、交通状況把握抵抗度が迂回率に有意な影響を与えていることが分かる。不快ダミーが負のパラメータとなっているのは不安のストレスに比べ、不快のストレスの方がより迂回率が低いことを表している。運転ペース阻害に対しての抵抗度も負のパラメータを示した。これは自分の運転ペースを優先するドライバーよりも周りに協調して運転するドライバーはストレスに対

して鈍感と解釈できる。

ストレス体感1秒に対しての支払い意思額を見ると、運転ペース障害抵抗度、身体的苦痛抵抗度、運転姿勢抵抗度が支払い意思額に有意な影響を与えていることが分かる。なお、運転歴に関しては迂回率と支払い意思額どちらも負のパラメータとなり、運転経験があるほどストレスに対して寛容であるということが分かった。

## 6. 運転ストレス発生要因の分析

本研究では、ドライブレコーダーに映る映像と、心拍数、速度をもとにストレス体感時間とその前後2分間において各秒で、データを整備した。申告のあったストレスに関し、ストレス体感時間の間はストレスを感じているとし、前後2分間においてストレスを感じていないとしてストレスが有りのときは1、ストレスがないときは0としている。これを使って多項ロジスティック回帰分析を行い、運転ストレス発生要因分析を行う。

### (1) 多項ロジスティック回帰分析

ロジスティック回帰分析は通常の回帰分析とは違い、被説明変数が「ストレスを感じる」、「ストレスを感じない」といった「0-1」であらわされるときに用いられる。

$$l = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p \quad (1a)$$

$$p = \frac{1}{1+\exp(-l)} = \frac{1}{1+\exp(-b_0-b_1x_1-b_2x_2-\dots-b_px_p)} \quad (1b)$$

$l$ : ロジット(対数オッズ)  $p$ : ストレスが発生する確率  
 $b_0$ : 定数  $b_1 \sim b_p$ : 偏回帰係数  
 説明変数は以下のものを設定した。

速度 (km/h), 全体車線数 (本), 中央分離帯の有無, 歩車分離帯の有無, 路上駐車台数(台), 前方自転車(人), 前方歩行者 (人), 心拍数変化 (1秒), 心拍数変化 (3秒), 心拍数変化 (5秒), 心拍数変化 (10秒), 逆光の有無, 前方車両数 (台), 曇りと雨, 自車通過車線が左端車線

これらを各ストレス体感中とその前後2分間において一秒毎にデータを入力。データは1秒毎に変化している。なお、今回はサンプル数が少ないことから、発生する確率に関しては不安と不快を区別せずに、被験者が両方のストレスを感じる確率を求める。

### (2) パラメータ推定結果

今回の分析ではまずストレスを感じているすべてのデータを取り、次にストレスデータと同数のストレスを感じていないデータをストレス体感時間の前後2分からランダムに抽出した。ただし、ストレス体感境界付近は明確にはならないのでストレス体感時間前後10秒間の非ストレスデータは除いてある。

ストレスに影響を与えるものは速度、全体車線数、歩車分離帯、路上駐車、前方自転車、前方歩行者、逆光、前方車両数、心拍変化 (10秒)、曇りと雨、という結果になった。また、変数が1上がるとストレス発生確率が高くなる変数はオッズ比より、路上駐車、前方自転車、前方歩行者、逆光、前方車両数、心拍変数 (10秒)、曇りと雨という結果になった。心拍については、ストレスを感じてから10秒後に心拍変化が大きくなるのが明らかになった。曇りと雨に関してはオッズ比がかなり高くなっており、データに偏りがあるのでデータ数を増やし精度を上げる必要がある。

表-8 分析結果

|           | パラメータ   | z値    |     | オッズ比  |
|-----------|---------|-------|-----|-------|
| 定数項       | -0.905  | -3.15 | **  |       |
| 速度        | -0.0178 | -4.20 | *** | 0.982 |
| 全体車線数     | -0.381  | -4.09 | *** | 0.684 |
| 歩車分離帯     | -0.540  | -4.02 | *** | 0.583 |
| 路上駐車      | 1.76    | 9.40  | *** | 5.80  |
| 前方自転車     | 0.415   | 3.53  | *** | 1.52  |
| 前方歩行者     | 0.210   | 2.48  | *   | 1.23  |
| 逆光        | 0.994   | 7.00  | *** | 2.70  |
| 前方車両数     | 0.599   | 5.86  | *** | 1.82  |
| 心拍変化(10秒) | 0.0457  | 2.12  | *   | 1.05  |
| 曇りと雨      | 5.64    | 23.0  | *** | 281   |
| サンプル数     | 3474    |       |     |       |
| AIC       | 2213.6  |       |     |       |

※ \*\*: 5%有意, \*\*\*: 1%有意, \*\*\*\*: 0.1%有意

## 7. 結論

本研究から得られた知見を示すとともに、今後の課題を示す。

### (1) 得られた知見

運転ストレスを不快と不安に分類した場合、本研究の被験者では、不快と感じるストレスのほうが多いことを確認した。またストレスを要因別で分類すると7つに分類することができ、他車両の動きや、渋滞に関するストレスは不快と感じる被験者が多く、道路構造に関するストレスは不安と感じる被験者のほうが多いことを確認した。

申告された各ストレスの総体感時間は総運転時間に対してきわめて短くその割合は、およそ100秒間に1秒程であることを示した。

迂回率は、不快よりも不安と感じるストレスに対して、また交通状況把握が困難な状況に対して抵抗性が高いドライバーの方が高くなる。ストレス1秒間を回避する為の支払い意思額は、運転ペース阻害されることに対して抵抗性が高いドライバーと身体的苦痛に対する抵抗性が高いドライバーの方が高くなる。また、運転姿勢が悪いことに対して抵抗性が低いドライバーはより支払い意思額が高くなる。運転歴が長いドライバーは迂回率も支払い意思額も低くなる。

ストレスの発生確率に影響を及ぼすのは、速度、全体車線数、歩車分離帯、路上駐車、前方自転車、前方歩行者、逆光、前方車両数、心拍変化(10秒)、曇りと雨、である。そのうち速度、全体車線数、歩車分離帯はその変数が大きくなるとストレス発生確率を下げる。ストレスを感じ始めてから10秒後に心拍数変化することが明らかになり、今後の生体指標と運転ストレスの関係分析にあたりひとつの指標になりえる可能性を示唆した。

### (2) 今後の課題

重回帰分析により、ドライバー個人属性と迂回率、支払い意思額の関係を分析したが修正 $R^2$ 値はどちらも0.2程度で決して高い数値ではなかった。サンプル人数を増やし、様々な属性の人のデータを使い、地域性の違いなど個人属性毎にストレスの感じ方がどう違うのかをより正確に分析すること必要である。

ストレス回避の為の迂回時間および支払い意思額は本実験で無回答が多かった。これらを使ってストレスを定量化する為には、二つの概念をドライバーにより浸透させる工夫が必要になる。

今回、サンプル数が少なかったためロジスティックモデルではストレスの「不快」と「不安」を区別して構築することができなかった。今後はサンプル数を増やしていきこの二つを区別したストレス発生モデルを構築することが課題になる。

### 参考文献

- 1) 石橋基範・大栗政幸・赤松幹之：ドライバー個人特性の評価指標の開発, マツダ技報, No.4, pp.155-160, 2004.
- 2) 上田誠・近藤光男・松本博次・早川春雄・中田隆現：追従走行実験における心理的・生理的反応に基づく運転疲労の定量化に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol.22, No.4, pp.805-813, 2005.
- 3) 金森亮, 久保田穰, 安藤章, 山本俊行, 森川高行：複数生体データ計測による運転ストレスに関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.
- 4) 橋本成仁・海野遥香：RR 間隔を用いた生活道路内走行時のドライバーのストレス反応に関する研究, 公共社団法人日本都市計画学会, 都市計画論文集 Vol.51, No.3, pp.1226-1233, 2016.
- 5) Goodwin, P. B. : Human effort and the value of travel time, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.10, No.1, pp.3-15, 1976.

(2017.7.31受付)