

# 高齢者の運転ストレスと心拍数に関する 基礎的分析

佐藤 仁美<sup>1</sup>・大竹 穂子<sup>2</sup>・森川 高行<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 名古屋大学特任講師 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail:sato@trans.civil.nagoya-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 名古屋市 (〒460-8508 名古屋市中区三の丸3-1-1)

<sup>3</sup>正会員 名古屋大学教授 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail:morikawa@nagoya-u.jp

本研究は、苦手や危険などの運転ストレスを心拍を用いて把握可能かを検討することが目的である。心拍と運転ストレスに関する研究はここ10年ほどで徐々に増えており、既往研究の多くが心拍と道路や状況には関連性があることを示している。これらの研究ではシミュレータを用いた実験や数名のモニターでの実走行実験のデータを用いることが多く、属性による違いを把握するにはいたっていない。本研究は、49名のモニターの実走行実験で得られたデータ（心拍や運転ストレスの自己申告など）から、道路状況ごとに属性や自己申告による心拍数の相違について基礎的な分析を行った。その結果、高齢者のほうが非高齢者よりも有意に心拍数が高くなる箇所が多いことや、運転ストレスの申告はなくても心拍数に有意な上昇が見られる場合があるなどの結果が得られた。

**Key Words :** *driving stress, heart rate data, elder driver,*

## 1. 背景と目的

交通事故死者数は年々減少傾向にあるが、高齢者では人口増加や免許保有率の上昇もあり、他の年代ほど減少していない。高齢者の死亡事故を状況別に見ると、歩行中が約半数、自動車乗車中が28%<sup>1)</sup>と自動車乗車時の事故も多い。一方、中山間地では人口の減少や公共交通の衰退等により買い物難民等の問題が指摘されており、自動車はなくてはならないものとなっている。生活の質の評価に車の利用可能性が影響を与えているといわれており<sup>2)</sup>、車を運転し続けられるようにすることは生活の質を維持するための1つの方策と考えられる。

鈴木(1996)<sup>3)</sup>によると、高齢者が運転をしなくなる理由の2割は家族や知人の助言であり、7%が運転に対する不安である。安全に運転でき、運転に対する不安を取り除くような運転支援システムがあれば、高齢者の運転寿命延伸の一助として期待できる。本研究で想定する運転支援システムは、例えば、苦手や不安といった運転ストレスを避ける経路や運転の指示等の情報提供である。本研究は、まず、ドライバーが感じる運転ストレスを把握する方法に着目する。自己申告ではなく、心拍数といった客観的かつ運転中に収集可能なデータを用いて自動的に

運転ストレスを把握可能かについて基礎的な検討することが本研究の目的である。

## 2. 既往研究

心拍と運転ストレスに関する研究は、計測機器のモバイル化に伴いここ15年ほどで徐々に増えてきている。心拍数と自動車の運転に関する研究は、経路を決めて実走行時のデータを収集・分析したもの<sup>4)7)</sup>やテストコース等で走行実験を行ったもの<sup>8)9)</sup>、シミュレータを用いて実験したデータを利用したもの<sup>10)14)</sup>などがある。

運転時の心拍計測は、疲労の検知を目的として研究されたものが多く、例えば、高速道路での疲労計測を目的に学生2名の走行データを用いて分析したもの<sup>4)</sup>、5名のドライバーについて追従運転による疲労に関して研究したもの<sup>5)</sup>等がある。これらの結果から、高速道路の長距離運転での疲労を心拍で観測できる可能性がある<sup>4)</sup>が、追従運転による運転疲労では心拍数による差は見られない<sup>5)</sup>という結果が得られている。

シミュレータを用いた分析では、被験者10名前後で、単調運転時の生体反応を分析したもの<sup>6)</sup>、急ぎ状態が運

転や心拍に及ぼす影響<sup>11)</sup>や運転しながら追加のタスクが与えられた場合の影響<sup>12)</sup>を分析したもの、被験者50名でトンネルの入り口の形状が運転に及ぼす影響から評価しようとするもの<sup>14)</sup>などがある。さらに、心拍数から苦手や危険といった状況を判断する方法を高齢者と若者の2名のデータを用いて提案しているもの<sup>7)</sup>もある。いずれの研究でも、心拍と道路状況や運転負荷には関連性があることを示している。しかしながら、多くの研究では被験者数が少ないか、または、被験者数が多い場合でも属性のばらつきが少ないため、個人属性による違いを把握するにはいたっていない。

心拍を分析する方法には、心拍数やRRI (R-R Interval, 図-1) を用いるもの<sup>(例えば3)7)14)</sup>、交感神経や副交感神経の活性化を表すといわれているLFやHFという指標を用いる方法<sup>(例えば11)13)</sup>、ローレンツプロットを用いる方法<sup>(例えば15)</sup>等さまざまなものがある。本研究では、運転支援システムで簡単に利用できるように、特に複雑な計算を必要とせず、計測した値をそのまま使用できる心拍数を用いて分析する。

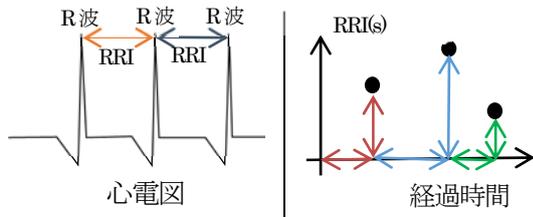


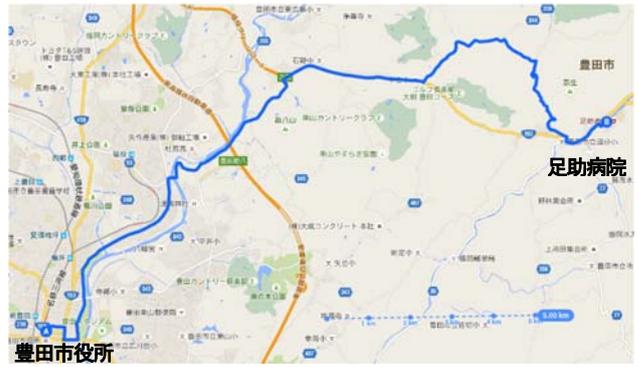
図-1 RRIの概念図

## 2. 実験概要

### (1) 実験方法

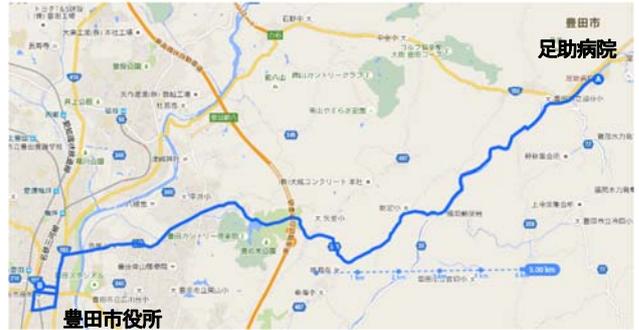
走行実験は、豊田市にて2014年11月-12月に20代から80代までの49名のドライバーに図-1と図-2に示す走行ルート自身を自動車で行くように依頼した。経路は走行前にドライバーに提示しているが、同乗するスタッフが道案内をした。ドライバーは、豊田市都心部に居住するグループと中山間地（豊田市足助町周辺）に居住するグループの2つに分けられる。都心部に居住するグループは豊田市役所から足助病院（図-2）まで走行し、5-10分程度の休憩後、足助病院から豊田市役所（図-3）まで走行する。中山間地に居住するグループは足助病院から豊田市役所（図-3）、休憩後、豊田市役所から足助病院（図-2）で走行した。走行時間は、片道で40分程度である。

走行実験で収集したデータは、1秒ごとの緯度経度データとPolar V800（図-4）を用いて心拍間隔（RRI）を取得し、自動車の前方をビデオで撮影した。また、走行中に感じた苦手や不安、ヒアリハット等はその都度、同乗者へ報告するように依頼した。また、走行に関して、速



地図データ@2015 Google, ZENRIN

図-2 豊田市役所から足助病院まで



地図データ@2015 Google, ZENRIN

図-3 足助病院から豊田市役所まで



図-4心拍計 Polar V800

度・到着時間などの条件は設定せず、運転者にはなるべく普段通りの運転をするよう指示した。ドライバーの運転特性を把握するために、普段の運転頻度や運転暦、特定の場面に対する運転負担度や運転スタイルに関するアンケート調査も実施した。また、同乗者の心拍も計測した。

RRIは心電図におけるR波の間隔のことであり、データはR波の観測された時間とその間隔が記されている（図-4）。本研究では、心拍数を使用するため、RRIを1秒ごとのデータとするため線形補間を行った後、心拍数=60/RRIより心拍数を算出した。

### (2) ドライバーの属性

図-5に参加者の属性を示す。20代から50代までは各年代に45人で、男女はほぼ半々であるが、都心部居住者のグループは女性のみであり、中山間地居住のグループ男性のみであるため、これらの年代では、心拍等に差異

がある場合、差異の要因を性別や居住地で分離して観測することはできない。65歳以上の高齢者は26名で、男女比は17：9で男性が多い。

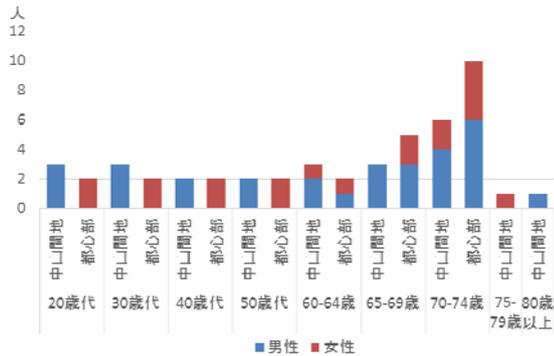


図-5 参加者の属性 (年代・性別・居住地)



図-6 「B.合流」区間



地図データ@2015 Google, ZENRIN

図-7 「D.急カーブ」区間

表-1 対象区間の旅行時間とストレス申告者数

対象区間	平均旅行時間 (s)	ストレス申告人数
A	信号のない右折	86.7
B	合流	67.0
C	信号交差点	85.0
D	急カーブ	61.6
E	見通しの悪い道	84.7
F	山道	97.1
G	交通量の多い道	519.1
基準	平坦な道	113.2

### 3. 特定区間における心拍数の比較

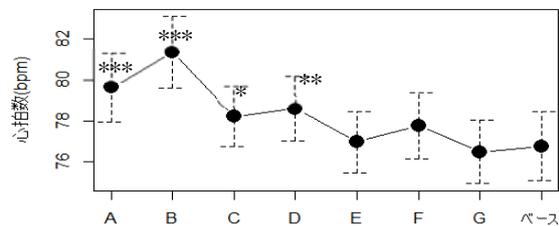
#### (1) 分析区間の抽出

走行ルートの中から苦手な人が多い箇所や危険だと考えられる箇所として、「A.信号のない場所での右折」、「B.合流」、「C.信号交差点」、「D.急カーブ」、「E.見通しの悪い道」、「F.山道」、「G.交通量の多い道」の7区間を選んだ。また、心拍は個人差が大きいため、基準となる区間の心拍との比較を行う。基準区間は心拍の変動が比較的少ないと考えられ、ドライバーからのストレス自己申告もなかった、信号のない見通しのよい道1km区間とした。

それぞれの区間の特徴は以下のとおりである。「A.信号のない場所での右折」は、片側1車線の道路で100m先に信号交差点があり、交通量は比較的多い。「B.合流」は、堤防にある片側1車線の道路に左側から合流する(図-6)。「C.信号交差点」は、片側1車線の道路がY字に接続している交差点で、信号現示がわかりにくいと3名のドライバーから申告のあった箇所である。「D.急カーブ」は、片側1車線の道路で図-7に示すような急なカーブである。「E.見通しの悪い道」は、カーブの先に信号交差点があり、信号が赤の場合に急ブレーキが必要となることが多く、事故多発箇所にも挙げられる場所である。「F.山道」は、対面通行は難しい細い山道であり、「G.交通量の多い道」は、豊田市都心部の主に片側1車線の道路で交通量が多い区間である。この区間には信号交差点での右折が2回含まれている。

各区間の平均旅行時間とストレス申告人数を表-1に整理した。平均旅行時間は位置情報データより算出した。

「ストレス申告人数」は、対象区間で「苦手や不安、危険などを感じた」という報告をした運転者の人数を示している。



\*: 10%有意, \*\*: 5%有意, \*\*\*: 1%有意

図-8 全被験者の平均心拍と対のあるt検定結果

#### (2) 心拍数の比較

まずは、49名全員のデータを用いて基準区間と対象区間の心拍数に差があるかどうかを対のあるt検定にて検定した。帰無仮説は「基準区間と対象区間の心拍数の差はない」である。結果を図-8に示す。「A.信号のない場所での右折」はストレス申告が少ないにもかかわらず心拍数は基準区間と比べて有意に高い。約半数がストレス申告をしている「B.合流」でも有意に心拍の上昇が見られる。「C.信号交差点」や「D.急カーブ」でも、心拍は有意に上昇している。

表-1のストレス申告人数とこれらの結果からは、ストレス申告人数の多少と心拍数が増減の関係は見取れない。そこでストレス申告の有無による平均心拍の相違について「B.合流」と「E.見通しの悪い道」について検定

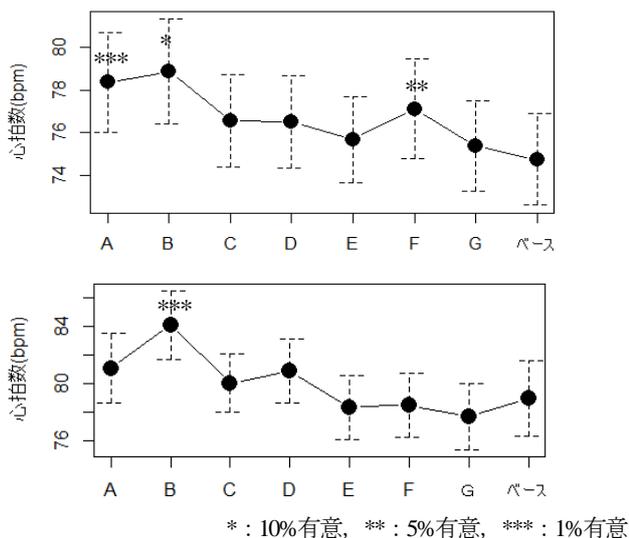


図-9 高齢者（上）と非高齢者（下）の平均心拍数と対のある t 検定結果

を行った。「B.合流」では、ストレス申告の有無による有意な差は見られなかった。心拍は運動によっても上昇するため、ストレス申告のない人でも首振りによる目視やハンドル操作等によって心拍が上昇した可能性が考えられる。このような区間では、社内LANデータ等を用いて運転操作を定量的に計測できれば、苦手や危険等の心理的影響による心拍上昇と区別可能かもしれない。

「E.見通しの悪い道」では、ストレス申告があった人のほうが有意に心拍数が高いという結果が得られた。前述したとおり、カーブの先に信号交差点があることから、ストレス申告者は赤信号での急停車をした可能性がある。位置情報のデータから速度や加速度を求め、心拍と比較することにより、より詳細な状況が判別できる可能性があり、今後の課題としたい。

高齢者と非高齢者で分類し、それぞれのグループで同様に対のある t 検定を実施した。その結果、高齢者で、「A.信号のない右折」、「B.合流」、「F. 山道」で基準よりも有意に心拍が上昇した（図-9上段）。一方、非高齢者では、「B.合流」でのみ心拍は有意に上昇した（図-9下段）。非高齢者のほうが高齢者より、有意に心拍が上昇する区間が少ないという結果が得られた。非高齢者のほうが運転頻度や運転距離が長く運転に慣れているためかもしれない。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究は、苦手や危険などの運転ストレスを心拍を用いて把握可能かを検討することを目的とした実験と得られたデータの基礎的分析について報告した。走行実験では、高齢者を含む49名の被験者に、自らの自動車で片道

40分の指定ルートを走行してもらい、位置情報、心拍や運転ストレスの自己申告などデータを収集した。走行ルートは都心部から中山間地までの往復である。

得られたデータのうち、見通しの良い信号のない片側1車線の道路区間の平均心拍数を基準として、合流や山道等の運転ストレスを感じやすい道路状況ごとに、属性や自己申告による心拍数の相違について検定を行った。その結果、高齢者のほうが非高齢者よりも基準区間の心拍よりも有意に心拍数が高くなる箇所が多いことや、合流部など運転ストレスの自己申告はなくても心拍数の有意な上昇が見られる箇所があるなどの結果が得られた。

本研究では、高齢者か非高齢者とストレス申告の有無でのみ心拍の比較をしている。心拍は個人差が大きいため、今後の課題としては、実験で収集した運転歴や運転スタイル等のアンケート調査の回答、前方画像や道路構造等のデータベースを作成し、ドライバーの属性、道路構造、周辺状況、自己申告と心拍の関係について分析を進め、心拍から運転ストレスの判別可能性について検討する必要がある。また、同乗者の心拍と運転者の心拍を比較することで、運転者が気づいていない危険についても分析が可能であると考えている。

今回の分析では心拍数を用いたが、交感神経や副交感神経の活性度の指標であるといわれているLFやHF等心拍から得られる他の指標についても分析を行い、どのような指標が有効なのか明らかにする必要がある。

**謝辞：**本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム」と国土交通省道路局新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の支援によって行われた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：平成 26 年交通安全白書，2014.
- 2) 大森宣暁：高齢者のモビリティと Quality of Life，運輸政策研究，Vol.8, No.3, 2005.
- 3) 鈴木春男：生活構造からみた高齢者交通政策への提言，IATSS Review, Vol.22, No.2, pp.129-138, 1996.
- 4) 岩倉成志，西脇正倫，安藤章：長距離トリップに伴う運転ストレスの測定－AHS の便益計測を念頭に－，土木計画学研究・論文集，No.18, pp.439-444, 2001.
- 5) 山口勝機：心拍変動による精神負荷ストレスの分析，志學館大学人関係学部研究紀要，第 31 巻，第 1 号，pp.1-10, 2010.
- 6) 根本千衣，浜岡秀勝，清水浩志郎：情報提供によるドライバーのストレス低減効果の分析，土木計画学研究・論文集，Vol.22, No.4, 2005.
- 7) 栗谷川幸代，大須賀美恵子，景山一郎：心拍変動を用いた高齢ドライバーの苦手・危険場面検出をめざして，ヒューマンインターフェース学会論文誌，Vol.9, No.2, 2007.

- 8) 関根太郎, 武居昌宏, 岡野道治, 長江啓泰, 越智光昭, 齊藤兆古, 堀井 清之: 離散ウェーブレット変換を用いたドライバの緊張度解析, 可視化情報学会誌, Vol.19, pp.215-218, 1999.
- 9) 上田誠, 近藤光男, 松本博次, 早川晴雄, 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, 2005.
- 10) 山越健弘, 山越憲一, 日下部正宏: 単調運転時の生体反応計測と生理活性度指標の基礎的検討, 自動車技術会論文集, 36(6), pp.205-212, 2005.
- 11) 阿部喜, 宮武秀樹, 小栗宏次: 心拍変動を用いた運転行動モデルの切換による運転行動予測, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J91-A, No.1, pp.78-86, 2008.
- 12) 川喜田英士, 阿部喜, 宮武秀樹, 小栗宏次: ドライビングシミュレータを用いた追従走行時における暗算タスクがドライバの生体信号及びペダル操作に及ぼす影響評価, 電子情報通信学会技術研究報告. ITS, 107(556), pp.53-58, 2008.
- 13) 横井都司如, 井東道昌, 小栗宏次: ドライバの精神負荷に対する耐性を考慮した心拍変動量からの主観的精神負荷度推定, 電気学会論文誌 C, Vol.131, No.12, pp.2051-2056, 2011.
- 14) 飯田克弘, 森康男, 金鍾旻, 池田武司, 三木隆史: ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析—実験データの再現性と高速道路トンネル坑口の評価, 土木計画研究・論文集, No.16, pp.93-100, 1999.
- 15) 石田眞二, 武田超, 白川龍生, 鹿島茂: 鉄道サービスにおけるストレス低減効果の検証, 運輸政策研究, Vol.15, No.2, pp.10-19, 2012.

(2015.7.31 受付)

## PRELIMINARY ANALYSIS ON DRIVING STRESS OF THE ELDER USING HEART RATE DATA

Hitomo SATO, Hoko OTAKE and Takayuki MORIKAWA

It is a social problem that the elderly has less travel modes cause of the increase of traffic accidents by elderly drivers and the decline of public transportation. Studies concerning driving supports using physiological indexes have been being advanced in traffic field to carry out sustainable aging society. In this study, it is verified the relation between heart rate and driving burden by using heart rate time series data that is easy to measure. This study carried out t-test to analyze data which classified according to driver's heart rate in 7 certain occasions. As a result, the difference between the heart rate at the road junction and the heart rate at the smooth road was significant.