

タスクの複雑さを考慮した生体反応による 自転車利用環境のストレス計測に関する研究

立野 勝真¹・吉田 長裕²

¹学生会員 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail:m18td025@jf.osaka-cu.ac.jp

²正会員 大阪市立大学大学院准教授 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail: yoshida@eng.osaka-cu.ac.jp

本研究では、利用環境に関わるストレス要因と反応の関係を計測する手法について、基礎的な知見を得るために、ストレス要因の構成内容の異なる複数の通行空間において、自転車利用者に生じるストレスを複数の生体反応指標を用いて解析することを目的としている。ストレスに関わる運転経験差、自転車利用環境に求められる運転タスクの複雑さを明示的に考慮できるように、個人差については運転経験、運転タスクの複雑性については走行コースとして具体化し、タスクの複雑さや運転経験などの個人差による生体反応の違いを比較した。

Key Words : stress, bicycle, driving task, vital reactions, RRI, EMG, GSR,

1. はじめに

近年、数ある交通手段の中で、環境負荷の低い交通手段として自転車の利用ニーズが高まっている。一方、自転車通行空間に関しては、歩道や車道上に他の交通モードと通行空間を分離または共有した様々なタイプのものが存在しており、自転車の走行において求められるスキルや、通行空間における自転車の利用率も異なっている状況にある。このような自転車の利用状況には、利用者の評価が影響すると考えられるため、今後の望ましい通行空間を検討する際には、客観的な利用環境評価に基づくことが重要である。

既往研究では、自転車利用時のストレスの要因を、主に発汗や心拍間隔などの生体反応指標を用いて解析している事例¹⁾や、自転車利用時ではないが筋電を用いた事例²⁾がある。しかしながら、自転車通行空間に着目し、自転車利用時のタスクの程度とそのストレス反応を総合的に評価した事例はほとんどなく、これらを用いることで、利用環境を客観的かつ定量的に比較可能になることが期待できる。

そこで本研究では、利用環境に関わるストレス要因と反応の関係を計測する手法について、基礎的な知見を得るために、運転タスクとストレス要因の異なる複数の通行空間において、心拍間隔、筋電、電気皮膚反応の3つ

の生体反応を計測し、それらの違いを比較することで、利用環境の評価が可能か実験的に検討することとした。

2. 自転車利用環境のストレス計測手法

2.1 本研究におけるストレスの定義

ストレスとは、一般的に「外部刺激によって引き起こされる非特異的な生体反応」と定義されているが、現在では、適度なストレスは気力を高め、明晰さを増加させ、状況をより正確に把握できるような効果があるといったストレスの肯定的側面にも注目されている。特に、交通安全の観点から、適度なストレスを受けることで、車両乗車時における注意力や集中力が上昇し、安全運転にもつながるといった意見も増えている。自転車乗車時において、ストレスが集中力を高めるか負荷となるかの線引きは非常に難しいが、本研究では、自転車乗車時における身体的負荷や心的負荷による生体反応全てをストレスによる反応と判断することとした。

2.2 生体反応指標の概要

(1) 自律神経系

自律神経系は、血液循環・呼吸・体温調整など、生命維持に欠くことのできない機能を自律的に制御するシス

テムであり、交感神経系と副交感神経系から構成されている。交感神経系は、身体の活動レベルや運動能力を高める方向に働き、主に活動している時、緊張している時、ストレスを感じている時に働いている。交感神経によって生じる反応としては、心拍数や血圧の上昇、末梢血管の収縮による筋肉への血流量の増加、呼吸数増化による酸素の取り込み能力の向上、手掌や足裏の発汗促進などがあげられる。

(2) 心拍変動間隔 (RRI)

心拍変動は、心電図の R 波と R の間隔 (RRI) の変動、つまり瞬時心拍数の変動を意味する。この RRI が通常時よりも低減する時、ストレスが生じていると判断できる。

(3) 筋電 (EMG)

筋電図は、筋肉で発生する微弱な電位差の変化を検出したもので、ストレス反応時に筋電の振幅変動が通常より大きくなる。筋電図波形は、ベースラインを境に陽性波形と陰性波形で構成されているが、解析を行う際に分かりやすくするため、陰性波形を上に変換し陽性波形にする RMS 波形処理をおこなった。

(4) 電気皮膚反応 (GSR)

電気皮膚反応は、強い刺激や精神活動に伴い、発汗などにより皮膚に一時的に生じる電気的変化のことであり、数値が上昇すればストレスが生じていると判断できる。一般的に、精神性発汗の汗腺の濃度が最も高い指先に電極を設置することが多い。

2.3 計測機器概要

計測機器としては、S&ME 社製のバイオログセンサーを用い (図 1)、自転車で走行した時の被験者の RRI (心拍間隔)、EMG (筋電)、GSR (電気皮膚反応) を計測した。心拍 ECG センサーの電極を胸部に、発汗 GSR センサーの電極を人差し指と薬指の指先に取り付けた。なお、筋電 EMG センサーの電極取り付け位置については、運動による反応とストレス反応との区別がつきやすい場所を、簡易実験により 5 つの筋肉の候補の中から決定し、咀嚼筋の咬筋に取り付けることとした。各センサーの測定間隔は、RRI では 0.5 秒間隔、EMG と GSR では 0.001 秒間隔で計測され、データロガーに記録される。



図 1 計測機器

3. 研究方法

3.1 走行実験の概要

電極取り付け位置の比較検討と、運転タスクに対して生体反応指標がそれぞれどのような反応をするのかを調べるために走行実験を行った。被験者は、自転車運転経験の異なる男子学生 5 名 (経験別人数) で、実験コースは、被験者に要求するタスクを単純/複雑 (実道路) の 2 つに分けることとした。単純な運転タスク処理を要求する実験コースは、幅 50cm の直線 8m、幅 15cm の一本橋 2m、15km/h で 20m 走行した直後に急制動、間隔 1.5m のスラローム 9m、10cm の段差降り、右折、左折から構成されるもので、大阪市立大学内に設定した。一方、複雑な運転タスク処理を要求する実験コースは、実際の道路上にある自転車道と自転車歩行者道から構成される全長約 1.5km のコースで、大阪府堺市に設定した。学内における走行実験は 2018 年 1 月 16 日に、路上での走行実験は 2018 年 1 月 25 日に実施した。

3.2 分析方法

本研究では、ストレスに関わる運転経験差、自転車利用環境に求められる運転タスクの複雑さを明示的に考慮できるように、個人差については運転経験、運転タスクの複雑性については走行コースとして具体化し、これらの組み合わせによって生体反応の違いを比較することと

表 1 各障害物に対する生体反応特性

	一時的なストレス		連続的なストレス		
	急制動	段差降り	スラローム	幅の狭い道	一本橋
心拍間隔 (RRI)	加速からブレーキ直後にかけて徐々に反応	反応なし	走行中常時反応	反応が薄い	徐々に反応
電気皮膚反応 (GSR)	ブレーキ直前とブレーキ時に瞬間的に反応	反応なし	ハンドル操作に応じて瞬間的に反応	通った直後に反応	アクシデント直後に反応一定期間継続
筋電図 (EMG)	直前から反応 ブレーキ直後反応なし	降りる瞬間に反応	ハンドル操作に応じて瞬間的に反応	瞬間的に反応	瞬間的に反応

した。比較項目としては、それぞれの生体反応の平均値、分散、EMG については瞬間的に数値が上昇し、変動幅が大きすぎるため、走行中の最大値についても比較をおこなった。ここで、分散は生体反応の変動幅を表す。

なお、主観的な評価との関係を見るために、走行実験後に知覚したストレス要因に対して走行中にストレスを感じたかどうか5段階で評価するアンケート調査をおこない、生体反応による客観的評価との比較をおこなった。

4. 単純コース走行時の生体反応特性

走行コース内の各障害物における生体反応の反応特性を比較したところ(表 1・図 2)，ほぼすべての被験者において、幅の狭い道や一本橋など運転負荷が継続するような状況において、RRI と GSR では瞬間的な反応でなく、徐々に反応し、一定時間継続するといった反応がみられた。また、一本橋走行中におけるバランスを崩した際のふらつきやスラローム、右折、左折、障害物を避けたりなどのハンドル操作に応じて GSR や EMG は瞬間的に反応するといった傾向がみられた。手信号や左右確認などの動作に対しては、生体反応はみられなかった。

個人差について、通学など普段の自転車の使用頻度による生体反応の変化を比較したところ、通学で自転車を使用していない学生の方が、RRI は反応時における減少や上昇の傾きが大きく、GSR では反応時の数値の変動幅が大きいという傾向がみられた。EMG においては、自転車使用頻度による反応の違いはみられなかった。また、使用頻度が同じ学生においても、RRI や GSR において数値が変動した後に、通常値まで戻る時間に大きな違いがみられた。

5. 運転タスクの複雑さによる生体反応の変化

被験者 5 人を運転経験の差によって分類し、学内実験での単純な運転タスクによる生体反応と路上実験での複雑な運転タスクによる生体反応を、それぞれのグループの平均値によって比較をおこなった(図 3・図 4・図 5)。運転経験の差として、普段、通学に自転車を使用しているか否かで分類をおこなった。

結果として、タスクが単純なものから複雑なものになるにつれて、RRI では数値が減少し、EMG と GSR については徐々に数値が上昇している傾向にあるため、運転タスクが複雑になるにつれて、生体反応は大きくなることが分かった。

また、運転経験の差による生体反応の変化については、

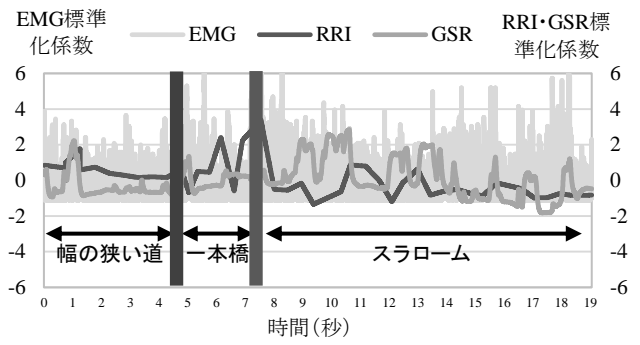


図 2 生体反応標準化係数

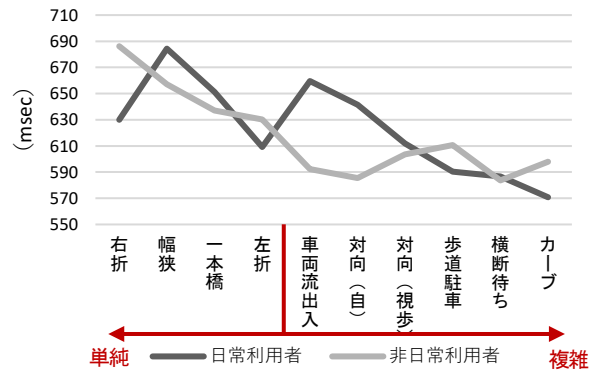


図 3 タスク別反応値 (RRI)

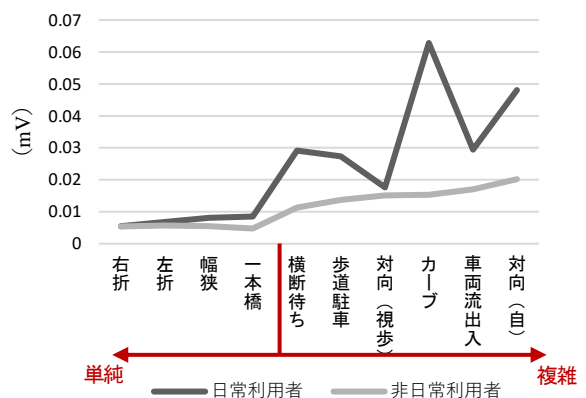


図 4 タスク別反応値 (EMG)

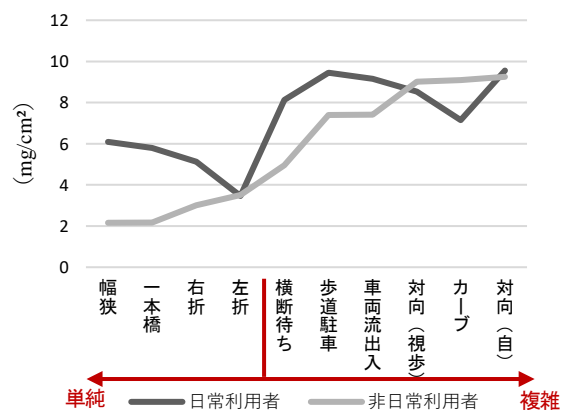


図 5 タスク別反応値 (GSR)

RRIでは、日常利用者・非日常利用者ともにタスクが複雑になるにつれて減少傾向となっているが、普段から自転車を使用している被験者と使用していない被験者とで、反応に大きな違いはみられなかった。EMGでは、普段自転車を使用していない被験者に比べ、使用している被験者の方が、どの運転タスクの状況下においてもEMGの反応は大きくなる傾向にあった。また、GSRにおいても、普段自転車を使用していない被験者に比べ、使用している被験者の方が、どの運転タスクの状況下においても概ねGSRの反応は大きくなる傾向がみられた。EMGとGSRにおいて運転経験による差が生じた理由として、RRIと比べて、EMGとGSRでは、ストレスサーに対する反応速度が速いといった理由が考えられる。また、EMGにおいては、普段自転車に乗り慣れていない被験者における自転車乗車時の力みが反応として現れたのではないかと考えられる。

6. 研究のまとめと今後の展開

本実験の結果から、RRIとGSRでは、運転負荷が継続するような状況において徐々に反応し、一定時間継続するといった反応がみられ、EMGでは、ハンドル操作に応じて瞬間的に反応するといった傾向がみられた。

また、運転タスクの複雑性による生体反応の変化を比較した結果、すべての生体反応指標において、運転タスクが複雑になるにつれて、生体反応は大きくなることが分かった。運転経験などの個人差による生体反応の変化

としては、EMGとGSRにおいて、通学などで普段から自転車に乗り慣れていない被験者に比べて、乗り慣れている被験者の方が、どの運転タスクの状況下においても生体反応が大きくなる傾向にあることが分かった。

今後の展開として、教習などによる運転技能の指導を受ける前後での生体反応の変化や知覚能力の大小による生体反応の反応傾向などを分析し、運転技能や知覚能力などの個人差による反応特性を調べる必要がある。

参考文献

- 1) 渋谷大地・金利昭：ストレス計測手法を用いた歩行者・自転車・自動車混在時の走行環境評価に関する研究，土木計画学講演集，Vol. 48, No. 234, 2013.
- 2) 鈴木弘司・今井克寿・藤田素弘：心拍変動を用いた自転車利用者の幹線街路評価に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol69, No5, 2013.
- 3) 竹田壽子：ミトン拘束の身体的影響—ミトン拘束が患者に与えるストレスに関する生理心理学的研究—，共創福祉 第9巻 第2号 19~32, 2014
- 4) 山川博司・Le Quoc Dung・山下淳・浅間一：生理計測に基づくカーレーサーのストレス推定，計測自動制御学会システム・情報部門学術講演論文集，pp853-858, 2014.
- 5) 路紫涵・張信鵬・浅野泰仁・吉川正俊：歩行時とビデオ鑑賞時における生体信号の関係発見に向けた分析，DEIM Forum 2016 B3-6

(2018.7.31 受付)

STUDY ON MEASURING LEVEL OF STRESS FOR BICYCLE FACILITIES USING VITAL REACTIONS TAKING TASK COMPLEXITY INTO CONSIDERATION

Katsumasa TATSUNO and Nagahiro YOSHIDA

In this study, in order to obtain basic knowledge on the method of measuring the relationship between stress factors and reactions relating to the usage environment, stress generated in bicycle users are analyzed using a plurality of biological reaction indices in a plurality of traffic environments having different composition contents of stress factors. We embody it using individual differences as driving experience and complexity of driving tasks as a driving course so that you can explicitly consider the driving experience difference related to stress and the complexity of driving task required for bicycle use environment. And we compared differences in biological response by influence of individual differences such as driving experience and complexity of driving tasks.