

心電図トランスミッタを活用した自転車走行空間の実験的評価*

The Experimental Evaluation of Bicycle Running Space seen by Practical Use of Heart rate Monitor *

松田和香**・竹林弘晃***・砂川尊範***・新田保次****

By Waka MATSUDA**・Hiroaki TAKEBAYASHI***・Takanori SUNAGAWA***・Yasutsugu NITTA****

1. はじめに

近年、自転車は、環境負荷の低い交通手段として見直され、健康志向の高まりを背景に、その利用ニーズが高まっている。その一方で、都心部において不足する自転車走行空間の整備のためには、現状の道路空間の再配分が必要であることから、その整備効果を説明性の高い指標や手法により、明らかにする必要がある。特に、自転車交通量の多い都心部で、効率的に自転車走行空間を確保するためには、その構造等、安全で快適な自転車道の整備基準を早急に整理する必要がある。自動車の場合、「走りやすさマップ」が作成されているが、これは車線数等の道路構造が「走りやすさ」の評価基準として設定されているものである。しかしながら、自転車の場合は、人間が直接の動力源となるため、走行時に感じるストレス等の心理的な要素が、その自転車走行空間に対する評価により大きな影響を与えるものと考えられる。

こうした背景から、本論文は、自転車走行者の心理的負担に着目して、道路の走行空間における評価を実施した。評価は、屋外での心拍数計測等ができる医療用機器「心電図トランスミッタ」により試算されるPSD (Power Spectrum Density) 値 (以降、PSD値をストレスという) を用いることとした。実験は、高松市中心市街地部の自転車の走りやすいおよび走りにくいルートで試走し、ストレス発現場所及びその要因・状況について考察した。また、ストレスと個人の性格との関連性について分析し、ストレス発現の個人差について考察した。あわせて、心電図トランスミッタを用いた様々な自転車走行空間評価に関する可能性と課題について考察した。

2. 心電図トランスミッタとは

「心電図トランスミッタ」は、心と身体の心理的要素

*キーワード: 歩行者・自転車交通計画、公共事業評価法

**正員、工博、国土交通省 香川河川国道事務所 道路調査課
(香川県高松市高松町2422-1, TEL087-844-4316,
E-mail:matsuda-w92gk@skr.mlit.go.jp)

***正員、株式会社建設技術研究所 (大阪府大阪市中央区道修
町1-6-7, TEL 06-6206-5647, E-mail:sunagawa@ctie.co.jp)

****正員、工博、大阪大学工学研究科地球総合工学専攻
(大阪府吹田市山田丘2-1, TEL06-6879-7609,
E-mail:nitta@civil.eng.osaka-u.ac.jp)



図- 1 心電図トランスミッタ

(ストレス等) について心拍の変動を解析することでグラフ化し、装着した人の安心感や健康具合をチェックすることができる機器である。例えば、自律神経失調症、うつ傾向、慢性疲労、不眠、過労、ストレス負荷、さらには睡眠時無呼吸の確認が可能である (図- 1参照)。

心電図トランスミッタの主な特徴は以下に示すとおりである。なお、一般にPSD値は-1.2以下がストレスを感じている状態、-1.5以下が高ストレス状態とされており、マイナスになるほどストレスが大きい。

- ・自律神経の相互作用 (呼吸・運動成分は除く) によるストレス評価の一つである。
- ・計測された全心拍数を周波数解析した場合にPSD値が得られる。解析結果の中で特定周波数帯のパワー値の傾きから把握する (1/f理論に基づいた考え方)。
- ・心拍変動解析 (図- 2参照) におけるPSD領域の傾き度合いが大きくなる (ストレスが大きい) 時とは、一般的にストレスは自律神経の均衡度のバランスを崩してしている状態である (交感神経の機能が高くなり、副交感神経の機能は低下してしまう状態)。
- ・低い周波数帯 (LF) は交感神経と副交感神経、高い周波数帯 (HF) は副交感神経を評価することが可能であるが、PSDの特定周波数帯はLFよりも低い0.01~0.0001Hzの周波数帯の値を評価する。
- ・PSDの周波数帯は、解析結果に影響を及ぼす呼吸や運動による影響等をあまり受けない領域である。

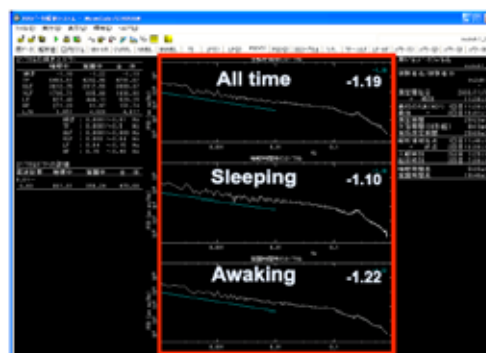


図- 2 心拍変動解析の様子

3. 分析方針

心電図トランスミッタを用いた自転車の走行空間の適用を把握するため、表- 1に示す3つの視点から評価・分析を行うこととして、フィールドでの試走を行った。なお、心電図トランスミッタにより把握できるストレス値は5分間の移動平均である。また、ストレス値のアウトプットは1分毎に算出されるものである。

表- 1 分析項目とそのアウトプット

	分析項目	アウトプット
分析1	基礎的データの把握	・ストレスの平均値・標準偏差 ・ストレスの分布 ・基礎的なデータの把握により、通常時のストレス状況やストレスの分布等を把握
分析2	ストレス発現の要因把握	・ストレス発現度合いと発現場所との関連性 ・どのような場所でストレス発現度合いが高いのかを把握
分析3	ストレスと性格との関連性	・ストレス発現と個人の性格（性格診断結果）との関連性 ・個人の性格によるストレス発現の違いを把握 ・ストレス発現の違いが個人の性格とマッチしているか（心電図トランスミッタによる調査が正確に実施されているか）を把握

4. 調査方法

調査は、平成19年11月7日（水）の9時～18時（晴天）に実施した。住民を対象とした事前ヒアリングにより、比較のため自転車の走りやすいと考える道路（ルート2）、走りにくいと考える道路（ルート1）を対象とし、心電図トランスミッタを装着して自転車で走行した。ルート2は、自転車歩行者道がある幅員が広い道（約4.0km）であり、ルート1は商店街付近の放置自転車が多い道（約3.2km）である（図- 3参照）。A地点をスタートし、ルート1、ルート2、再びルート1を走行し、A地点でゴールとする。ルート選定の際には、ストレス発現による評価をしやすいするために、1ルート当たり10分以上となるよう配慮した。調査員は、20代前半から40代前半の男性6名とした。調査に用いた自転車は、一般自転車（各被験者とも2～3回走行）及び電動自転車（被験者f以外は1回走行）の2種類を用いて調査を実施した。なお、どのような地点でストレス発現をしたか位置情報を把握するために、自転車にGPSを配備した。

5. 調査結果

（1）基礎的分析

各被験者の自転車走行におけるストレス値を図- 4および図- 5に示す。各被験者の通常時のストレス値は、-0.80から-1.27と個人差があるため、通常時のストレス値と自転車走行時におけるストレス値との差異に着目して分析する。このときの通常時のストレスとは、8時30分から9時30分（自転車等で走行していない普段の生活

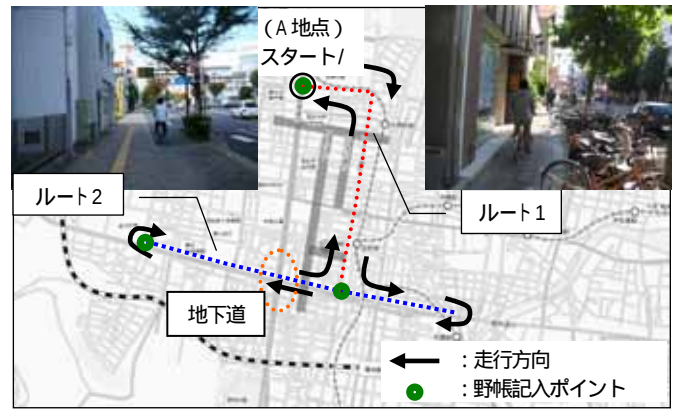


図- 3 調査ルート

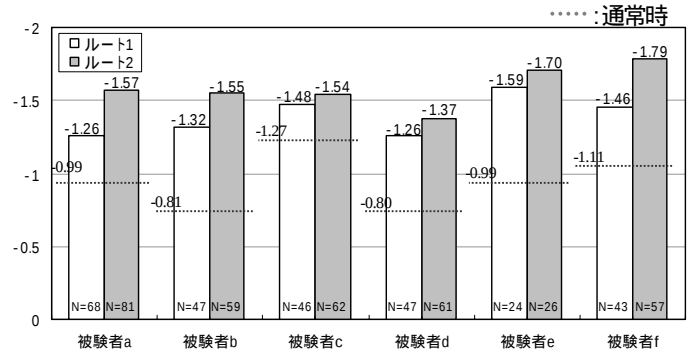


図- 4 一般自転車での走行によるストレス平均値

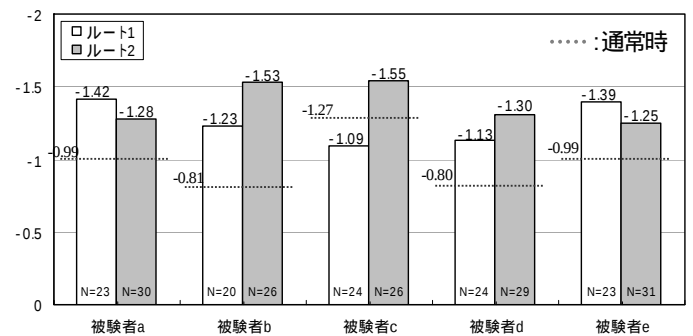


図- 5 電動自転車での走行によるストレス平均値

行動時間)の1分毎のストレス値を平均した値である。被験者aのルート1を除き、電動自転車よりも一般自転車での走行の方が、ストレス発現の度合いが大きい。これは一般自転車でペダルをこぐことによる疲労が起因しているものとする。また、ルートに着目すると、被験者b, c, dは、事前のヒアリングで走りやすいと仮定したルート2よりも、走りにくいと仮定したルート1の方が、ストレスが高い。現地状況を見た限りでは、ルート1は放置自転車等により明らかに走行しにくいことを踏まえると、何らかの要因によりルート2のストレス値が高くなったと推測できる。そこで、ストレス発現の要因分析及び発現場所の把握（分析2）を実施するものとした。また個人差については被験者の性格との因果関係があると考え、ストレス発現と性格診断との関係について分析（分析3）するものとした。

(2) ストレス発現の要因分析

被験者dの電動自転車走行時のストレス(1分毎のデータ)をに示す。一般的にストレス発現の要因は、恒常的な要因(走行断面構成、大きな路面の凹凸及び地下道等の構造的なもの)と一時的な要因(歩行者交通量が多い、飛び出し等の突発的なもの)の2つに分類できると考える。電動自転車での走行において、特にストレス発現が大きく、高ストレス状態にあるのは、ルート1の始点付近とルート2の中間付近、終点付近である。ルート2の中間付近では、高ストレス状態が4、5分続いている。これらの時間帯における走行場所を現地及びGPSデータ、さらには被験者へのヒアリングで把握すると、ルート1の始点付近には大きな路面の凹凸があり、被験者は不快に感じたという意見が大半を占めた。一方、ルート2には地下道があり、自転車を降りて地下道を走行し、地下から地上へ上がる際には自転車を押しながら階段をあがる必要がある。その心理的負担に起因し、高ストレス状態になったと考えられる。

一方、一般自転車においても電動自転車と同様な傾向を示している。但し、全体のストレス発現度合いが大きいこと(一般自転車による疲労と推測)、高ストレス状態の頻度が多いことは異なる点である。後者は、一時的な要因(例:歩行者交通量が多い、脇道からの車の飛び出しがあった等)があった場所と概ね一致しており、そ

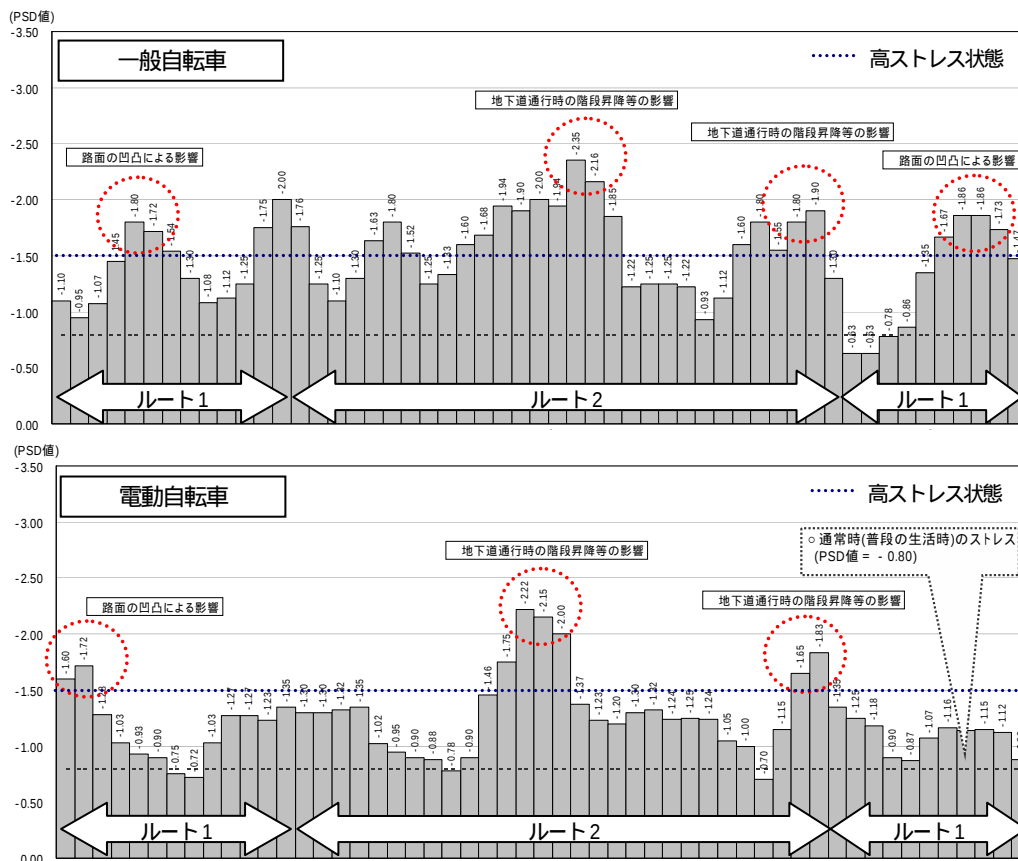
れが要因となった可能性が高いと考える。

なお、ここでは被験者dの一般及び電動自転車走行時のストレスのみを掲載しているが、他の被験者についてもストレスを感じている度合いは異なるものの、同様の傾向を示した。なお、グラフ中に通常時の値よりも低い箇所があるが、これらは被験者が自転車を止めて野帳に状況を記入していた時間帯とほとんど一致している。今後の調査を適切に実施する上では、こうした調査方法の改善が必要である。また、本調査において、ルート2の歩行者自転車道のストレス状況を比較したいと考えたが、前後の地下道の影響や走行距離が短かったこと等から、比較が難しい結果となった。

(3) ストレス発現と性格診断結果との関連性

心理的要素であるストレス発現は、少なからずその被験者の性格と関連性があると考え、個人の性格把握とストレス発現との関係を分析した。性格の把握には、性格診断「自動車 運転適性診断 心理テスト ホームページ」¹⁾²⁾を利用した。

この診断は、攻撃性、情緒薄弱性、衝動性、虚栄心、神経過敏性、自己中心性の6つの視点から、高い、普通、低い3段階で評価し、その被験者の性格を判断するものである。このうち、攻撃性、情緒薄弱性、神経過敏性等



(1) 恒常的なストレス要因



(2) 一時的なストレス要因



図- 6 分単位での自転車走行時のストレス発生状況

が高ければ、ストレスが発現しやすい人と考え、心電図トランスミッタのストレス発現のバラツキが大きい人である可能性が高いと推測した。以上を踏まえ、性格診断による被験者の性格とストレス発現状況を比較した。

表- 2は性格診断の結果である。先の性格診断の観点から、被験者a,d,fは、ストレス発現しやすい性格、被験者cは、ストレスが発現しにくい性格と考える。

この性格診断の結果とストレス発現の標準偏差との関連性を図- 7に整理した。ストレスを発現しやすい性格の被験者a,d,fは、ストレス発現の標準偏差も高いことがわかる。また、ストレスを発現しにくい被験者cは、他の人に比べ最も標準偏差が低い結果である。

したがって、心電図トランスミッタにより把握したストレス発現のしやすさ、その度合いは、被験者の性格に少なからず影響することがうかがえる。

表- 2 各被験者の性格診断結果

視点	a	b	c	d	e	f
攻撃性	x		x		o	
情緒薄弱性			x			
衝動性						
虚栄心						
神経過敏性						
自己中心性						

：高い o：やや高い ；普通 x：低い

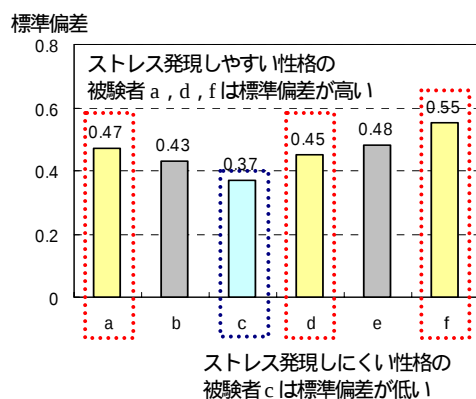


図- 7 ストレス診断と性格診断結果の関連性

6. まとめ

本論文では、ストレスという心理的な側面から自転車の走行空間の評価を、心電図トランスミッタを用いて実験的に行った。その結果、ストレス発現場所のおおよその特定とその要因の把握、さらには個人の性格によるストレス発現の違いを把握することができた。この結果を用い、今後、調査手法を改良することで、心電図トランスミッタを活用した自転車走行空間の定量的な評価が実施できるものとする。そのための今後の課題および留意点を以下に示す。

- ・道路の走行空間・障害の種類別に比較できるよう、より多くの被験者からのデータを得ることが必要である。そのためには、より簡易に計測できる機器へ

の改良が必要である。

- ・調査時には自転車を止めて野帳を記入した。本来の自転車利用時の行動に近づけるよう、GPSを積極的に活用するなど、調査方法の工夫が必要である。
- ・より詳細な時間単位のストレス値を把握し、ストレス発現の要因分析を行う必要がある。
- ・調査前に性格診断を実施し、ストレスを発現しやすい被験者を調査員として選定することが重要である。
- ・疲労の影響がでる可能性のある一般自転車ではなく、電動自転車で調査をすることが重要である。

今後は、心電図トランスミッタによる自転車利用空間の評価を行うことで、自転車道の整備効果の把握や、地区としての自転車利用のしやすさレベルの評価など、自転車施策導入のための一つの評価手法として活用できるものと考え、今後データ収集、手法検討を実施していきたいと考える。

なお、本調査実施及び分析にあたっては、大阪大学医学系研究科 公衆衛生学領域 大平哲也講師に多くのアドバイスを頂いた。感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 藤本忠明等：交通行動の社会心理学 運転する人間のこころと行動，北大路書房，2000
- 2) 高木修・北大路書房：運転における攻撃性・不安尺度の構成
- 3) 斎藤健治，清田勝：自動車，自転車とのすれちがいにおける歩行者のストレスに関する心拍変動による評価，佐賀大学理工学部集報Vol.34, No.2(20051200) pp. 1-7
- 4) 清田勝，斎藤健治，渡辺義則：自転車走行環境の評価と整備の方向性，交通科学Vol.36, No.2, p p3-12, 2005
- 5) 廣田泉，塩見利明，篠邊龍二郎，前川正人，小林正：睡眠時無呼吸症候群(SAS)の心拍変動変化，とくにVLF(very low frequency)成分増大とVLF-peakについて，社団法人日本循環器学会Vol.59, p359