

心拍変動を用いた幹線街路における自転車利用者のストレス状態分析

名古屋工業大学 学生会員 ○今井 克寿
名古屋工業大学大学院 正会員 鈴木 弘司
名古屋工業大学大学院 正会員 藤田 素弘

1. はじめに

都市の交通を支える幹線街路において、歩行者・自転車・自動車の各利用主体に安全かつ快適な走行空間を提供するため、現在のサービスレベルを適切に把握し、計画・設計・運用に反映することが重要である。そのため、近年、具体的な交通状況（サービスの質：Quality of Service, 以下 QOS）を表す評価指標の構築が求められている。しかし、現在の評価指標はマクロな交通特性などから計算され、その多くは利用者の視点が考慮されておらず、また、自動車を主体とした評価となっている状況にある。

そこで、本研究では、自転車利用者の走行環境、心理的負担に着目し、幹線街路の自転車歩行者道において、走行中に受けたストレス量を計測し、ストレスに対する影響要因を分析することで、自転車利用者の視点から街路空間整備方策について検討する。

2. ストレス解析手法

ストレスによる心理的負担の把握には、心拍変動を表す RRI（R-R Interval, 図-1）を計測し、解析する手法が多く用いられる。豊福ら¹⁾は、RRI の LP（Lorenz Plot）を用いることで、ストレスを評価する手法を開発した。LP とは、横軸に n 番目の RRI、縦軸に $n+1$ 番目の RRI をグラフ上にプロットしたもので、この面積（LP 面積）が大きいほどストレス値が高いとされる（図-2）。これを用いて鈴木ら²⁾は、分単位で環境が変化する自転車走行時の心理的負担の計測に LP 面積を用いる手法を提案し、LP 面積と走行位置、駐輪・駐車状況、交差点横断方法との関係を分析した。しかし、自転車走行空間のサービスレベルの定量的な評価には至っていない。

本研究では、LP 面積を用いて幹線街路走行時の自転車利用者のストレス量を計測し、道路構造や交通状況からストレス状態の推定を行う。なお、LP は、不整脈の影響を受けやすいため、LP 面積の算出前に発生した不整脈データを、Polar 社製のソフトウェア

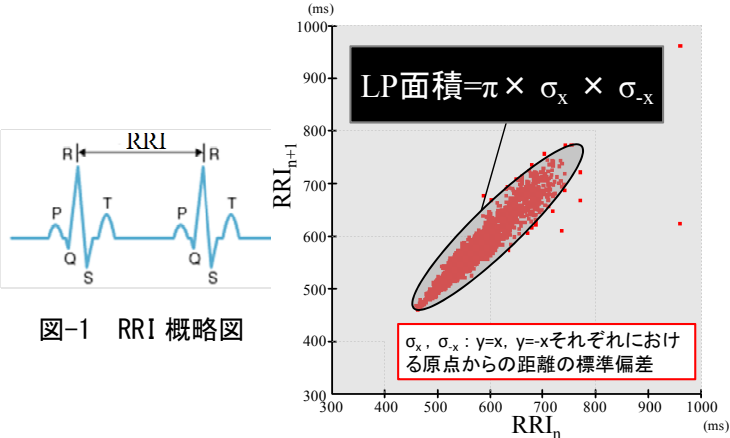


図-1 RRI 概略図

図-2 LP 面積の算出方法

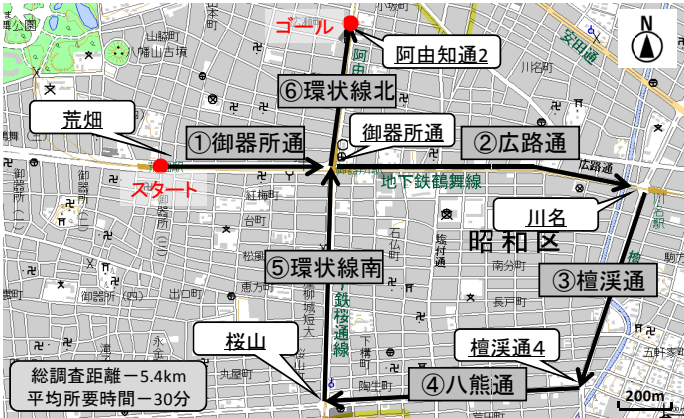


図-3 走行調査コース

表-1 路線別データ

路線名	歩道幅員 [m]	交差点数 (うち信号交差点)	リンク長 [m]	歩行者・自転車 走行位置分離
①御器所通	1.6-3.5	5 (1)	630	構造分離
②広路通	2.3-3.0	15 (3)	1280	なし
③檀溪通	2.5-3.6	11 (3)	860	なし
④八熊通	2.6-3.0	8 (4)	1050	なし
⑤環状線南	4.0-4.5	15 (5)	980	視覚分離
⑥環状線北	4.2-4.8	9 (0)	580	視覚分離

「Polar Precision Performance SW」を用いて修正した。

3. 調査概要

心拍データを取得するために、2011 年 9 月、名古屋市昭和区の幹線街路にて走行調査を実施した。図-3、表-1 に示す計 6 路線の幹線街路を用いて、各被験者が朝（8:00～10:00）1 回、夕方（16:00～18:00）1 回の計 2 回の走行を行なっている。なお、全ての路線は自転車歩行者道である。

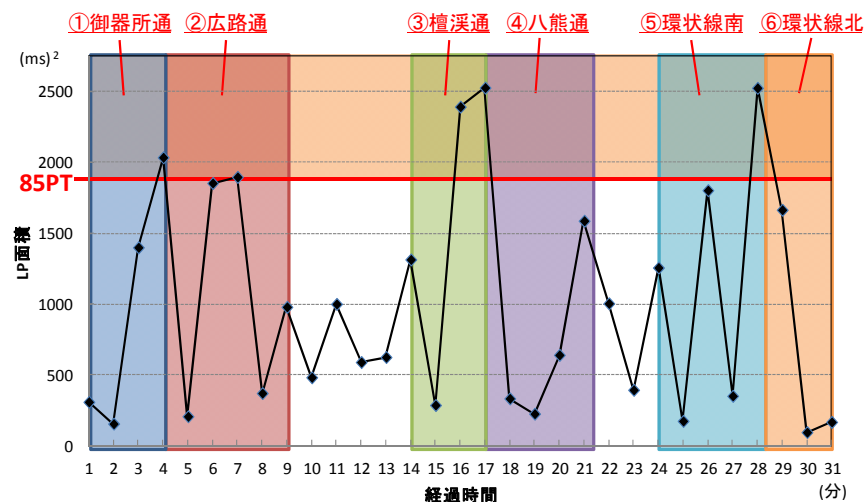


図-4 走行調査におけるLP面積の推移(23歳男性)

表-2 ロジスティック回帰分析結果

(*:1%有意, **:5%有意, ***:10%有意)

説明変数	パラメータ
有効幅員[m]	-0.771 **
交差点数[箇所/分]	0.420 ***
停止・停止挙動秒数[秒]	0.110 *
定数	-2.416
的中率[%]	85.7
Nagelkerke R ²	0.409
サンプル数	140

表-3 モデルの感度分析の結果(コース全体)

シナリオ	ストレス率[%]
モデル値による現況再現	10.0
有効幅員の15%拡張(0.2-0.7mの拡張)	6.4
有効幅員の25%拡張(0.4-1.2mの拡張)	5.7
幹線街路に接続する交差点の閉鎖(2交差点/1路線)	9.3
信号停止秒数の減少(30秒/全体)	6.4
信号停止秒数の減少(60秒/全体)	5.7

心拍データは、装着による心理的負担を極力小さくするため、被験者の胸部に小型のスポーツ用心拍計(Polar-S810i)を取り付けて取得している。さらに、自転車にGPS付きカメラ(ContourGPS)を装着し、走行時の周辺状況と走行位置を把握している。

4. データの定義及びロジスティック回帰分析結果

図-4は、走行調査で1分毎に取得したLP面積の推移を示したものである。このLP面積の値は個人により大きく異なると考えられる。そこで、本研究では、各被験者のLP面積の個人差を無くした上でストレスの状態を表現するため、85パーセンタイル値(以下、85PT)以上を被ストレス状態と定義する。なお、走行調査の途中でアンケート記入のために停止した時間(10-13、22-23[分])のデータは分析から除外している。

ここで、85PTダミー(85PT以上=1, 85PT未満=0)を従属変数とした、ロジスティック回帰分析を行い、ストレス状態推計モデルを構築した(表-2)。

これより、有効幅員が狭くなることや、交差点を走行することに対してストレスを感じていることがわかる。これは、幅員の狭小による逼迫感や交差点での確認動作や段差におけるものであると考えられる。また、信号交差点における停止や停止挙動(1.3[m/s]以下の速度での走行と定義)の秒数に対してストレスを感じていることがわかる。

次に、幹線街路の構造改良がストレスに及ぼす影響を把握するため、構築したモデルの感度分析を行う。走行中にストレスを感じている時間の割合(85PT以上/経路全体)をストレス率と定義し、有効幅員な

どを変化させた分析結果を表-3に示す。

これより、有効幅員の25%拡張や信号停止秒数をコース全体で60秒減少させることで、ストレス率を大きく減少させられることがわかった。

以上より、自転車走行時のストレスを軽減させるには、植込みや電柱などの撤去や車道幅員縮小による有効幅員の拡張、サイクル長やオフセット調整などによる信号停止秒数の減少策などが有効といえる。

5. おわりに

本研究では、幹線街路を自転車で走行する際の心拍挙動を、LP面積を用いて分析することで、街路環境と利用者ストレスとの関係性を明らかにした。

今後は、本研究で得た結果と今回同時に調査した利用者の主観評価との関係性を分析するとともに、客観性を有する幹線街路に対する自転車利用者のQOS評価指標の構築を検討する。

謝辞

本研究は、科研費(若手研究(B)23760480)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 豊福史, 山口和彦, 萩原啓: 心電図RR間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発, 人間工学 Vol.43, No.4, pp 185-192
- 2) 鈴木清, 松田和香, 竹林弘晃, 砂川尊範, 新田保次: 自転車走行時の心理的負担に着目した自転車走行空間の比較評価, 土木計画学研究・講演集 vol.41, No.366