

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 17 日現在

機関番号：30108

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760399

研究課題名（和文） 歩行空間における利用者のストレスバランスの計測と分析

研究課題名（英文） Measurement and analysis of a user's stress balance in walk space

研究代表者

石田 眞二 (ISHIDA SHINJI)

北海道工業大学・空間創造学部・准教授

研究者番号：20347751

研究成果の概要（和文）: 本研究では歩行空間において、車いす使用者が歩行者とのすれ違い時に受ける精神的ストレスの定量的評価を試みるために、車いす使用者の心拍変動を用いてストレス計測を実施した。ストレスの定量的評価には、携帯型自動心拍計 RRI の変動を用いて周波数解析を行い、精神的ストレスの評価を行った。その結果、車いす使用者のパーソナルスペースに進入する歩行者の人数が増加するとともに、精神的ストレスも増加する傾向を示した。

研究成果の概要（英文）: In this study, walking space, in order to attempt a quantitative evaluation of mental stress and subjected to when passing pedestrians who use wheelchairs, stress measurement was carried out using a wheelchair user's heart rate variability. The quantitative evaluation of stress, we analyze the variation of the RRI spectrum of automatic portable heart rate meter was evaluated for mental stress.

As a result, with an increase in the number of pedestrians entering the "Personal-Space" of a wheelchair user, with a tendency to increase in mental stress.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：交通工学・ストレス

1. 研究開始当初の背景

現行の歩行空間におけるバリアフリー基準は、国土交通省が策定した「道路の移動円滑化整備ガイドライン」に基づいている。このガイドラインは、全ての人々が安全で安心して利用できる歩行空間のユニバーサルデザインを目指し、交通弱者の特性を理解した上で、歩道の有効幅員、勾配、段差などの道路構造の遵守すべき基準が定められている。

しかしながら、これらの構造基準は、物理的な数値で明記され、設計する際のチェック項目としての役割は有しているが、実際に利用する歩行者の心理的な影響について定量的に評価した研究例は少ない。歩行空間は、多くの人が行き交う公共空間であり、交通弱者である車いす使用者は、交通密度や歩行者交通量、すれ違い等に対して、健常者に比べ、精神的なストレスを受けていると考えられ、

こういった心理的な歩行空間の評価指標の確立も今後の歩行空間のユニバーサルデザインを考える上では重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、歩行空間において車いす使用者が受ける精神的ストレスを心拍変動から得られる RRI を用いて評価する手法の確立と車いす使用者が歩行空間から受けるストレスの探求及び、そのストレスバランスについて考察するとともに、歩行者とのすれ違い時に受ける精神的ストレスの定量的評価を試みることである。

3. 研究の方法

本研究では、自律神経の活動を簡便、かつ高精度に計測が可能な携帯型自動血圧心拍計を用いて、心電図から心拍変動の解析を行い、精神的ストレスの定量的評価を試みた。

(1) 計測路線

計測路線は、札幌市大通り地下街にあるオーロラタウン及び、ポールタウンで実施した。被験者は3名であり、携帯型自動血圧心拍計を装着し、車いすで計測路線を移動してもらった。(写真-1 参照)



写真-1 心電図の計測風景

計測回数は、交通量が異なる4パターンで各1回ずつ計測を実施した。(表-1 参照) 計測時間は、2分間の休息後に、5分間の車いす移動をしてもらった。

データ解析には、2分間の休息時間を除き、移動開始時から4分間のデータを用いた。同時に、車いす移動時の計測風景をビデオカメラで撮影し、被験者の移動空間の環境変化について記録した。

(2) 心拍変動と RRI

循環機能は、交感神経と副交感神経の相互作用を通して調節されている。この作用は対照的な現象であり、呼吸により調節される。ここで、交感神経調節は神経内分泌経路を介してされるのに対して、副交感神経節は神経

表-1 計測メニュー

断面交通量 (人分)	計測路線	被験者 人数	測定 回数
13	オーロラタウン	3	1
24	オーロラタウン	3	1
47	ポールタウン	3	1
55	ポールタウン	3	1

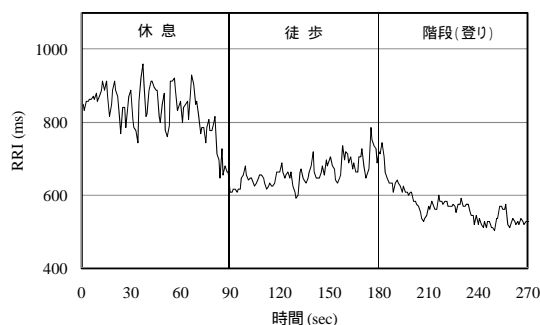


図-1 運動負荷とRRIの変動

経路のみ介する。吸気相と呼気相に同期した周期的な神経刺激は、各々、交感神経と副交感神経の遠心性刺激とされる。この呼吸に伴って生じる周期性変化は心拍変動 (heart rate variability: HRV) と呼ばれる。

心拍変動は単純な非侵略的手法であり、心拍の1拍ごとの変動を瞬時に測定することにより心臓の自律神経緊張の指標となる。人間の心拍変動は、運動状態に依存することは自明であるが、自律神経の活動も心拍変動に影響を与えることが知られている。

心拍変動を表す指標の中でも、心電図波形を用いて、疲労度やストレスを定量的に評価することが可能である。通常的心電図は、図-1 に示すように心筋が縮小するときの一連の電気振動の流れによって表され、P、Q、R、S、Tと名付けられた波の成分で構成されている。この内、R波は血液を左心房から大動脈に送り出すときに生じ、R波とR波の間隔は RRI と呼ばれている¹⁾。RRIは、常に一定ではなく、体位やストレスなどの影響を受けて変動している。RRIが一定の場合、 $60/RRI \times 1000$ で1分間の心拍数が割り出される。

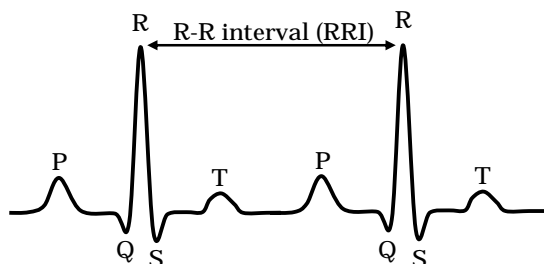


図-2 心電図波形

心拍変動を表す指標の中でも、心電図波形において振幅の大きいRRIの変動を用いて、疲労度やストレスを定量的に評価することが可能である。図-2は、運動負荷(休息-徒歩-階段)を与えた場合のRRIの変動を表している。外的ストレスが作用するとそのストレスの負荷レベルに合わせ、RRIは短縮する傾向を示した。本研究では、この傾向を参考に、RRIの変動から精神的ストレスの定量的評価を試みた。

4. 研究成果

(1) デジタルフィルタ (DF)

RRIの変動は、0~0.05Hzの低周波数成分(LF)と0.05~0.2Hzの中間周波数成分(MF)、0.2~0.35Hzの高周波数成分(HF)の3つの周波数領域に分けられる。LF成分は、交感神経と副交感神経の活動を表しており、MF成分は交感神経、HF成分は副交感神経の活動を表すとされている²⁾。本研究では、デジタルフィルタを用いて、RRIの変動から上記の3つの周波数成分の抽出を試みた。デジタルフィルタとは、周波数解析の一種で、高速フーリエ変換(FFT)を用いて、特定の周波数成分を抽出する手法である。本手法では、一定範囲の周波数領域を抽出するためにバンドパスフィルタの設計を行う必要がある。図-3にバンドパスフィルタの設計概念を示す。本研究では、LF、MF、HFの周波数領域をバンドパスフィルタの通過域に設定し、周波数成分の抽出を行った。

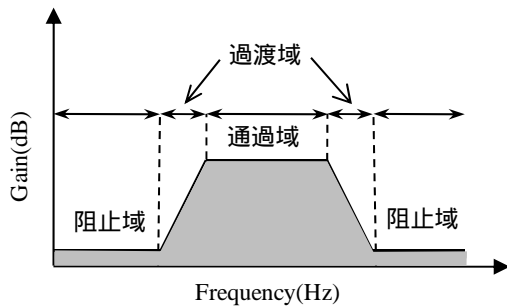


図-3 バンドパスフィルタの設計

図-4は、RRIデータからデジタルフィルタを用いて、3つの周波数成分を抽出したものである。各波に対して視覚的に変化を捉えることができる。RRIは、外的ストレスが強くなるに従って減少するといわれているが、精神的ストレスについては、主に血管運動系の変化を反映するMF成分付近の感度が高いと報告されている³⁾。本研究では、計測したRRIデータからMF成分を抽出し、以後の解析を行った。

(2) パーソナルスペース

パーソナルスペース (PS) とは、自分の身

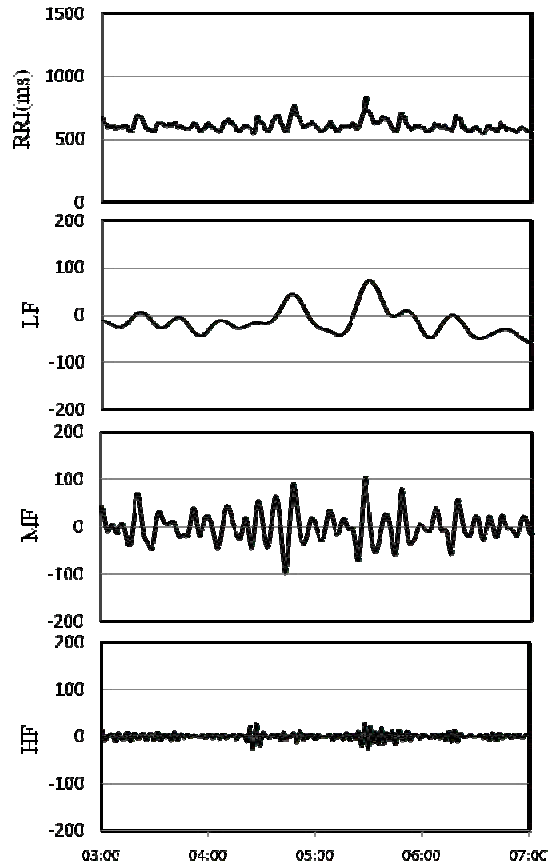


図-4 DFにより抽出した周波数成分

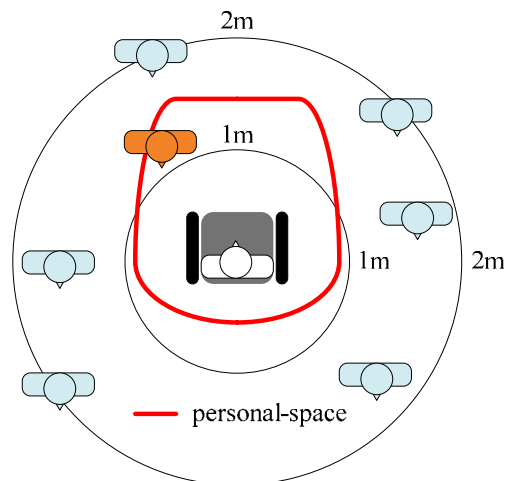


図-5 設定したパーソナルスペース

体の周りに、他人には進入されたくないある一定のなわばりのことを示す。相手との関係が親密であれば、対人距離は、45cm以内、個人的な関係であれば、45~120cm、社会的な関係であれば、120~360cm、公式的な関係であれば、360cm程度と言われている。また、PSの中に初対面の人が進入すると、不快感を抱き、特定の距離を保つ傾向にある。PSは、進

行方向に対して前方が一番広く、側方、後方の順に狭くなっているのが特徴である。

本研究では、精神的ストレスを受ける領域として、PS の範囲を車いすの進行方向(前方) 150cm、側方 80cm に定めた。(図-5 参照)

図-6 は、計測中に撮影した動画を用いて PS に進入した人数を調べ、MF 成分との関係を照合した図である。点線枠内は、PS に進入してきた人数が増加した範囲であり、同時時間帯に MF 成分が低下する傾向が認められた。これについては、他の被験者においても同様の傾向が認められた。

MF 成分の RMS(二乗平均平方根)を算出し、30 秒間に PS に滞留していた人数の時間割合(PSR-30)との関係を調べた。図-7 は、全ての被験者の MF 成分の RMS(MF-RMS)と PSR-30 の関係を示した図である。PSR-30 の増加に伴い MF-RMS が低下している傾向を示した。しかし、図の点線枠で囲った領域の PSR-30 が低下している箇所でも、MF-RMS が低い値を示す領域が存在している。これは、歩行者とのすれ違いによる精神的ストレス以外の要因によるものと考えられる。よって、車いす移動時に表れる MF 成分の変動は、PS に進入する人数以外にも影響を与える要因があると考えられ、この要因の究明については、今後の課題である。

(3) まとめ

本研究で得られた結果を以下に記す。

- ・デジタルフィルタを用いて、RR1 データから LF、MF、HF の 3 つの周波数成分を抽出することができた。

- ・車いす移動実験の結果、車いす使用者の PS に進入する人数が増加するとともに、精神的ストレスを表す指標である MF 成分が低下する傾向を示した。このことから、PS に人が進入すると車いす使用者はストレスを感じる事が明らかになった。

- ・MF-RMS と PSR-30 の関係から、PSR-30 の増加に伴い MF-RMS が低下している傾向を示した。しかし、PSR-30 が低下している箇所でも、MF-RMS が低い値を示す領域が存在していることがわかった。

今後は、他のストレス要因についても検討を行い、車いす使用者が受けるストレスの種類や影響度について、検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 早野順一郎：心拍変動による自律神経機能解析、医学書院、1996
- 2) 大須賀美恵子：自律神経指標を用いたドライバの状態推定、自動車技術、Vol.64、No.10、pp.24~29、2010
- 3) 林博史：心拍変動の臨床応用、医学書院、1999

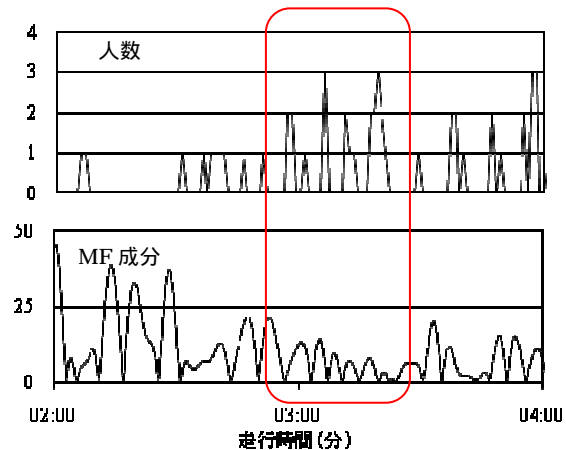


図-6 MF 成分と PS に進入した人数の変動

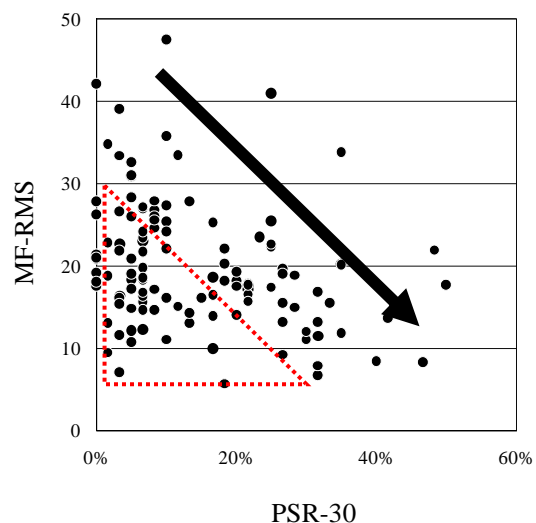


図-7 MF-RMS と PSR-30 の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

石田眞二、亀山修一、鹿島茂、心拍変動を用いた車いす使用者のストレス計測に関する研究、日本福祉のまちづくり学会、第14回全国大会概要集、2011、CD-ROM

6. 研究組織

(1)研究代表者

石田 眞二 (ISHIDA SHINJI)

北海道工業大学・空間創造学部・准教授

研究者番号：20347751