

# 心拍間隔指標を用いた交通モードによる 精神的負荷に関する研究

常岡 克行<sup>1</sup>・谷口 栄一<sup>2</sup>・山田 忠史<sup>3</sup>・中村 有克<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 和歌山県 (〒640-8585 和歌山市小松原通1-1)

<sup>2</sup>フェロー会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C 1)

E-mail:taniguchi@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>3, 4</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C 1)

E-mail :t.yamada@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp, nakamura@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

本研究は、交通モードによる旅行者の精神的負荷を心拍間隔指標を用いて定量的に測定する実験の結果を報告している。実験においては、携帯型心電図アンプを用いて被験者が自動車運転中、バス・鉄道乗車中、歩行中の心拍を測定した。生理指標として心拍の間隔である心拍RRI に対して周波数解析を行ったLF/HF値を求めた。バス乗車中のLF/HF値は自動車運転中よりも高くなり、精神的な負荷が大きくなることが示された。徒歩による移動についても、交通状況など周囲の環境によって緊張状態にあると、生理指標LF/HF値が高くなることがわかった。

**Key Words :** heart beat rate, traffic mode, mental stress, R-R Interval

## 1. はじめに

近年、社会全体において都市の快適性が重視されてきている。それは交通の分野においても同様である。一方排気ガスによる地球温暖化などの環境問題のために自動車から公共交通への転換が望まれている。様々な交通施策が実施され一部で効果はあがっているが、自動車を利用しているドライバーの公共交通への転換がなかなか進まないのも事実である。その理由として郊外部では公共交通機関の整備が不十分であることなどが指摘されているが、自動車に比べて公共交通機関の利用においては、旅行者の精神的な負荷が伴うことも考えられる。そこで本研究では、人間の生理指標を用いて交通モードによる人間の精神的負荷を評価することを試みる。その初段階として自動車と公共交通を利用した通学時における心拍間隔指標を測定し、旅行者の精神的負荷について、基礎的な考察を加える。

## 2. 生理指標

生理指標として心拍の間隔である心拍RRI<sup>1)</sup>を測定する。図-1に示すように、RRI とは、心電図の特徴波で

ある R 波から次の R 波までの間隔のことを指す。得られた心拍RRI に対して周波数解析を行うことにより、LF/HF 値を求める。HF および LF は式(1), (2)によってそれぞれパワースペクトル密度 PSD を 0.2 - 0.5 beat, 0.05 - 0.2 beat まで積分して求められる。

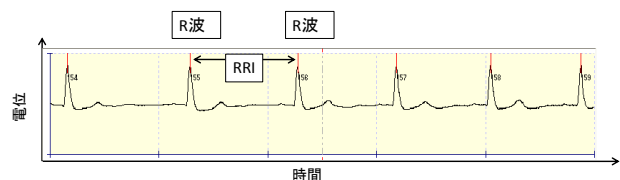


図-1 心拍RRI

$$HF = \int_{0.2}^{0.5} PSD(f) df \quad (1)$$

$$LF = \int_{0.05}^{0.2} PSD(f) df \quad (2)$$

LF/HF 値は、副交感神経に対して交感神経がどれだけ優位に活動しているかを示す値であるとされている<sup>2)</sup>。一般的に交感神経が活動するときには精神的な負荷や疲労を感じていると言われている。また先行 RRI ( $R_n$ ) を x 座標、連結 RRI ( $R_{n+1}$ ) を y 座標とし、心拍に対して x-

y 平面上に順にプロットしたローレンツプロット<sup>3)</sup>における T/L 値が小さい程精神的な負荷が大きい指標と考えられている。

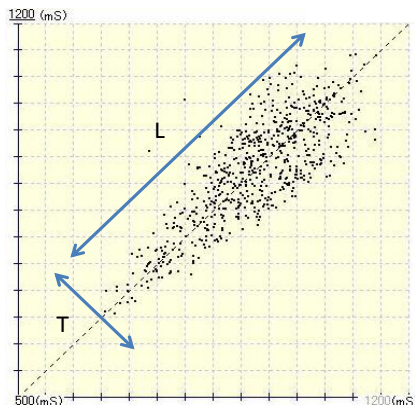


図-2 ローレンツプロットの例

### 3. 実験概要

携帯型心電図アンプ（ニホンサンテック製）（図-3）を用いて心拍 RRI の測定を行った。被験者の胸部 3 カ所に電極を装着し、各被験者の自宅から京都大学桂キャンパスの研究室まで自動車による通学と、公共交通による通学の 2 パターンの心拍間隔指標を測定した。被験者属性を表-1 に示す。計測機器は小型・軽量であり、これを携帯することによる生理指標への影響は無視するものとする。



図-3 携帯型心電図アンプおよびデータ収録装置

表-1 被験者属性

被験者	年齢	性別	免許取得年数	普段の通学手段	所要時間(分)
1	23	男	2	自動車	10
2	23	男	4	自動車	25
3	23	男	3	自動車	40
4	25	男	6	バス	20

### 4. 実験結果と考察

被験者 1, 2, 3 の心拍 RRI の LF/HF の結果を図-4 に示す。

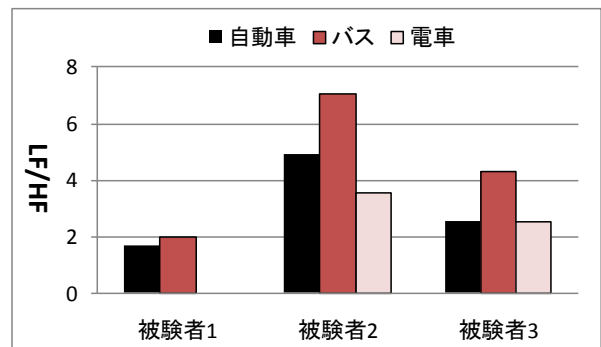


図-4 交通モードごとの心拍 RRI の LF/HF 値

被験者 1, 2, 3 のいずれにおいても、自動車で通学したときよりもバスに乗りしているときの LF/HF の値が大きくなった。これよりバス乗車時の方が交感神経が賦活されていることが示された。

また被験者 2, 3 の電車乗車時の LF/HF 値は自動車運転時より小さく、交感神経の活動が抑制されている。

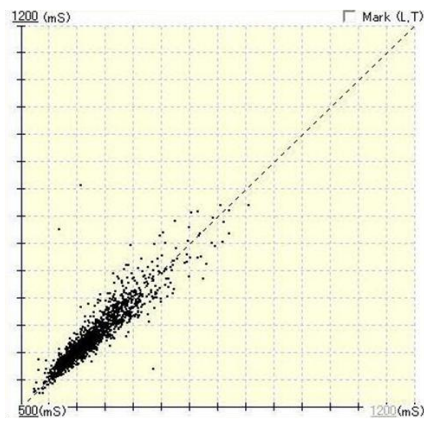
次に被験者 4 がバスで通学する際の乗車中の姿勢（立っているか座っているか）・混雑度合いと心拍 RRI および LF/HF 値を表-2 に示す。またローレンツプロットの結果を表-3 に示す。さらに、混雑度合いと乗車中の姿勢ごとのローレンツプロット図を図-5 に示す。

表-2 乗車中の姿勢・混雑度合いと心拍変動

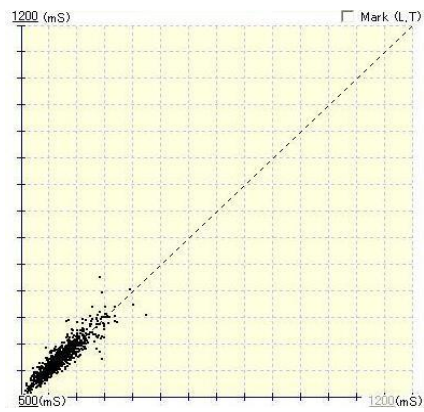
混雑度合い	バス乗車中の姿勢	心拍 RRI(ms)	LF/HF
混	立	631	5.793
空	立	566	4.904
混	座	845	2.752
空	座	769	2.703

表-3 乗車中の姿勢・混雑度合いとローレンツプロット

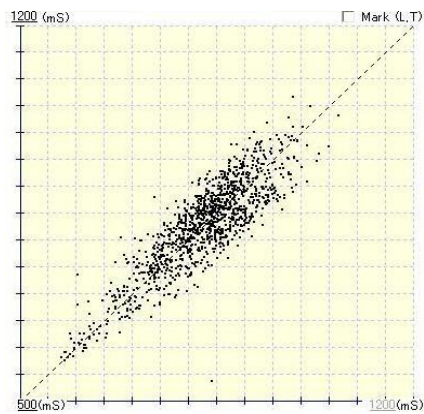
混雑度合い	バス乗車中の姿勢	T(ms)	L(ms)	T/L
混	立	58.7	294	0.199
空	立	33.9	162	0.209
混	座	44.5	120.5	0.369
空	座	158.6	578.1	0.274



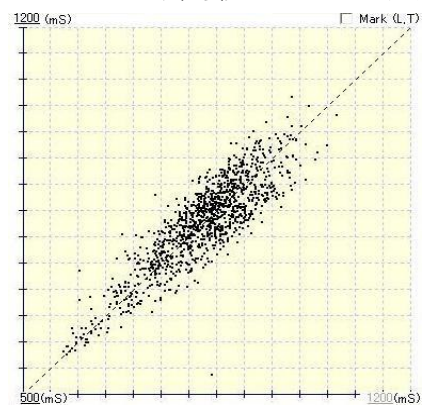
(a) バス：混雑，姿勢：立っている場合



(b) バス：空いている，姿勢：立っている場合



(c) バス：混雑，姿勢：座っている場合



(d) バス：空いている，姿勢：座っている場合

図-5 ローレンツプロット

立っているときに比べて、座っているときは心拍 RRI が大きく、したがって心拍数が大きくなるのが分かる。また立っているときの方が LF/HF 値が大きい。ローレンツプロットの T/L 値は精神的負荷が強いほど小さい値を示すと言われている。立っているときの方が T/L 値が小さい値を示しているため、精神的な負荷が強いと考えられる。また立っている場合においては、空いているときに比べて、混雑しているときの LF/HF 値が大きく交感神経が賦活されている。T/L 値についても立っている場合には、空いているときと比較して混雑しているときの方が T/L 値が小さく、精神的な負荷が強いと考えられる。

また被験者 4 の実験における混雑度合いと乗車中の姿勢と心拍変動の関係を数量化理論Ⅱ類を用いて分析を行った。目的変数として心拍 RRI の LF/HF 値を用い、乗車中の姿勢、行き・帰り、所要時間、混雑度合いを説明変数として設定した。その結果、理論値と実績値の相関を表し、分析の精度を知る目安として用いられる相関比が 0.71 となった。また各説明変数のレンジを表-4 に示す。レンジは値が大きい程、その説明変数が目的変数に与える影響が大きいとされている。

表-4 各説明変数のレンジ

乗車中の姿勢	行き・帰り	所要時間	混雑度合い
2.70	1.27	1.43	1.43

この結果によると乗車中の姿勢が最もレンジの値が大きく、心拍 RRI の LF/HF 値に対して及ぼす影響が強いことが分かる。この結果は表-2, 3 の結果と一致している。

公共交通機関を利用して通学する場合は乗換えのときや、最寄駅から目的地までの間は徒歩で移動する。このことを考慮し、徒歩での移動時における心拍変動を測定した。被験者 4 が自宅～バス停、バス停～京大桂キャンパスの研究室まで移動する間の心拍 RRI の LF/HF 値を図-6 に示す。

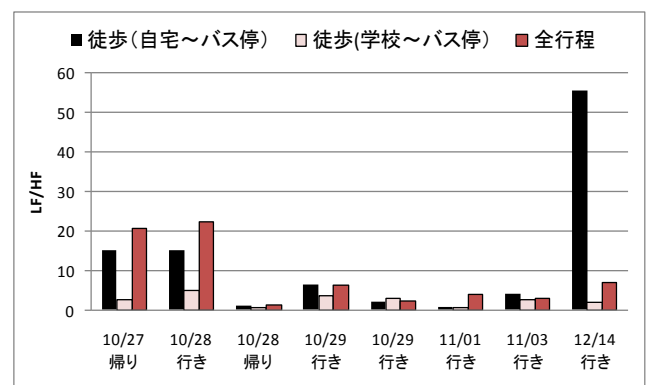


図-6 被験者 4 の徒歩による移動時における LF/HF 値

被験者4の自宅～バス停までの道路は歩道と車道が分離されておらず幅も狭いため、交通量が多いときには絶えず周囲に気を配らねばならない。そのため、交通量が多かった10月27日、10月28日の行き、12月14日の行きの徒歩による移動時において被験者4は緊張状態にあり、これによりLF/HF値が高くなったと思われる。この結果から、徒歩による移動時における周囲の環境によって心拍変動に変化が生じる可能性が示されたといえる。

## 5. まとめ

今回の実験より、交通モードごとの精神的な負荷を心拍RRIのLF/HF値を指標として用いることにより評価できる可能性が示された。またバスによる通学時は自動車を運転して通学するときよりも、精神的な負荷が大きくなることが示された。徒歩による移動についても、

交通状況など周囲の環境によって緊張状態にあると、生理指標LF/HF値が高くなることがわかった。今回の実験の被験者数は4人であるが、今後は被験者数を増やし、さらに実験を行うことにより交通モードごとによる精神的な負荷の評価の一般性を高める必要がある。

## 参考文献

- 1) 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—, 土木学会第57回年次学術講演会, pp.849-850, 2004.
- 2) 堀口寛子: 手術中における外科医のストレス評価の試み—自律神経活動と血圧変化—, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, MEとサイバネティクス105(46), pp.9-12, 2005.
- 3) 谷田陽介: 心拍RRIのローレンツプロット情報に着目した入眠移行期の簡易推定法, 生体医工学, pp.159-162, 2006
- 4) 菅民朗: 多変量解析の実践, 現代数学社, 1993.

## MEASURING MENTAL STRESS BY TRAFFIC MODES USING HEART BEAT INTERVAL INDEX

Katsuyuki TSUNEOKA, Eiichi TANIGUCHI, Tadashi YAMADA and Yuki NAKAMURA

This paper presents measurements of mental stress by traffic modes using heart beat interval index. Experiments were performed for measuring heart beat rates of travellers using an electrocardiogram during driving a car, taking buses, trains and walking. An index LF/HF was calculated by frequency analysis of heart beat interval RRI. The results indicated that LF/HF value was higher during riding buses than driving a car. It means that more mental stress was caused in taking buses. In walking LF/HF value became higher when the traffic condition generates pressure to travellers.