

## 閉空間歩行時における心拍変動の解析

6V-06

本多薫\*, 石原正規\*\*, 朝倉万理\*\*\*, 土居倫子\*\*

\*山形大学、\*\*東京都立大学大学院、\*\*\*日本女子大学大学院

## 1. はじめに

閉空間は、自然光、外部眺望、方向性の不足などの負の心理的影響をもたらすと考えられる。これまでの研究から、閉空間 (例えば、地下) では密室恐怖症、知覚の喪失などが起こり、心理的・生理学的な様々な影響が生体に見られると報告されている<sup>[1]</sup>。そこで本研究では、効率的な時間一周波数解析を実現することで注目されているウェーブレット変換を取り上げ、閉空間 (実際の地下街) 歩行時における心拍変動解析への応用を試み、閉空間歩行が及ぼす生体負担の測定に有効であるのかを検討した。

## 2. 方法

## 2.1 実験の概要

被験者には、「地上から地下街に入り指定されたゴール地点まで歩行する」というタスクを課し、課題遂行中の被験者の心拍を測定した。被験者の歩行行動は、ビデオに録画して記録した。

被験者: 18-29歳の大学生男女17名 (男5名、女12名)。実験場所: 新宿区内の地下街 (地下の通路幅は6m、歩行距離は約388m)。歩行方法: ①ルート歩行: ゴール地点までの曲がり角の店名と曲がる方向を指示し、それに従ってゴールまで歩行する)、②自由歩行 (自由にゴールまで歩行する)。

## 2.2 心拍変動の解析

心拍変動の解析は、歩行前および歩行時の R-R 間隔時間データに対してウェーブレット変換 (基底関数: ガボール) によるパワースペクトル解析を行った。0.1Hz 付近 (0.05~0.15Hz) に Analysis of heart rate variability for walking in the closed space, Kaoru Honda\*, Masami Ishihara\*\*, Mari Asakura\*\*\*, Tomoko Doi\*\*, Yamagata University\*, Tokyo Metropolitan University\*\*, Japan Women's University\*\*\*

中心周波数をもつ低周波数成分 (LF) と 0.25Hz 付近 (0.20~0.30Hz) に中心周波数をもつ高周波数成分 (HF) を抽出した。0.1Hz の周期を含む LF 成分は血圧変動に関連したものであり、交感・副交感神経活動の反映を示し、0.25Hz の周期を含む HF 成分は呼吸変動に関連したもので、副交感神経活動を反映していると言われている<sup>[2]</sup>。よって、0.05Hz 以下を除く 0.05Hz~0.50Hz における LF 成分と HF 成分のパワーを抽出した。また、歩行前と比較して歩行時の交感神経と副交感神経のバランスの変化を検討するため、式 (1) により PSB を算定した。

$$PSB = (LF2/HF2) / (LF1/HF1) \dots\dots (1)$$

(LF1, HF1: 歩行前 LF2, HF2: 歩行時)

## 3. 結果および考察

図 1 にルート歩行と自由歩行における被験者の歩行行動と心拍 (R-R 間隔時間) の変化の一例を示す。ビデオより 1 秒単位の歩行行動を記録し、心拍の R-R 間隔時間の変化との関係を示した。ルート歩行および自由歩行ともに、地上部をスタートした直後は、急激に R-R 間隔時間が短くなることが分かる。しかし、後半 R-R 間隔時間変動が小さくなる傾向が見られる。また、被験者の行動と R-R 間隔時間との関係を見ると、左折や右折の進路変更を行った前後では、R-R 間隔時間が短くなる傾向が見られる。また、進路が分からないため、立ち止まるなどの行動 (悩む) をした場合には、一度 R-R 間隔時間が短くなるが、徐々に R-R 間隔時間が長くなる傾向が見られる。

表 1 は全被験者のパワースペクトル解析の結果を示す。歩行行動のうち、生体への負担が大きいと考えられる「地上から地下」、「最初の左折」、「悩む (立ち止まる等)」の 3 行動について、PSB を抽出した。その結果、地上から地下へ (歩

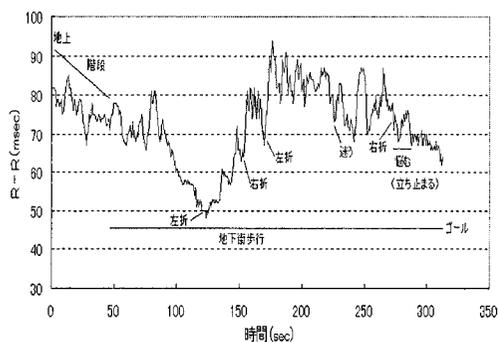
行開始)の歩行について、17名中12名の被験者のPSBが増加する傾向が見られた(ここでのt検定は、歩行前と歩行時のLF/HFの比較を行った)。また、最初の左折については、17名中9名の被験者のPSBが増加する傾向がみられる。特にルート歩行の被験者においては、7名中5名の被験者のPSBが増加した。次に「悩む」については、11名中5名の被験者が歩行前と比較してPSBが増加した。

PSBが増加することは、交換神経の活動が活発になり、低周波数成分(LF)が増加し、逆に副交感神経の活動が抑制され、生体が緊張していることに対応すると言われている<sup>[3]</sup>。したがって、地下街を歩行した直後や進路変更を行う左折時には、交換神経の活動が活発になり、生体が緊張していると考えられる。また、ルート歩行は

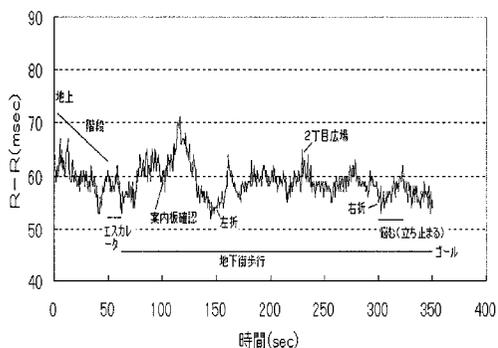
表1 パワースペクトルの変化(PSB)

被験者	歩行開始	左折	悩む
L1	2.113 **	3.476 **	1.263 *
L2	1.046	1.073	1.043
L3	2.274 **	2.042 *	1.086
L4	1.237	2.391 **	1.004
L5	1.429 *	1.007	—
L6	2.349 **	1.679 *	—
L7	1.975 **	2.101 **	—
F1	2.462 **	2.233 **	1.813 *
F2	0.816	1.117	1.214
F3	1.423 *	1.027	1.549 *
F4	2.811 **	1.617 *	1.247
F5	1.319 *	0.891	—
F6	2.104 *	1.265	1.453 *
F7	0.902	0.991	1.182
F8	1.875 *	1.761 *	—
F9	0.924	0.864	—
F10	3.422 **	2.364 **	2.133 **

t検定の結果 \*: $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$



ルート歩行 (L1)



自由歩行 (F1)

図1 歩行行動と心拍(R-R間隔時間)の変化

自由歩行と比較して、PSBが増加する傾向が強いことが伺える。このことは、ルートを指定して歩行させることは、与えられたルート情報と地下街の店名や案内板の照合などの探索は、生体への負担が大きいためではないかと考えられる。

## 5. まとめ

閉空間(地下街)歩行時の心拍(R-R時間間隔)を測定し、ウェーブレット変換を用いて瞬時の心拍変動を抽出し、PSBを算出した。PSBと歩行行動の解析により、「歩行開始」「左折」「悩む」という行動においてPSBが増加する傾向が見られ、交換神経活動を捉えることができた。

本研究から、閉空間歩行における生体への負担が測定できる可能性があることを示した。

## 参考文献

- [1] Carmody, J. & Sterling, R. : 地下建築物のデザイン手法, 丸善, 1983.
- [2] Pomerantz, B. et al. : Assessment of autonomic function in human by heart rate spectral analysis, *American Journal of Physiology*, 17, pp. H151-H153, 1985.
- [3] 本多薫 : ランダム発生音の暴露による負担に関する実験的方法, 人間工学, 34(4), pp. 203-206, 1998.