

探索歩行行動と心拍変動との関係に関する検討

本多 薫

山形大学人文学部

1. はじめに

心拍変動を解析し、人間の生体負担（身体的・精神的負担）を評価する試みが行われている。心拍変動には、異なる周波数を持つ複数の成分を含んでおり、心拍変動の解析にはパワースペクトル解析が有効であると考えられている [1]。従来の FFT や自己回帰モデルを用いたパワースペクトル解析では時間情報が失われるため、心拍変動の時間的変化を分析することが難しかった。そのため、心拍変動の解析において効率的な時間と周波数解析ができるウェーブレット変換が注目されている。人間の行動や動作に対する生体負担を計測するためには、短時間のパワースペクトルの変化を捉える必要がある。森本らの研究 [2] では、ウェーブレット変換を用いて、秒単位で心拍変動のパワースペクトルを算出し、自律神経機能の変化を捉えている。

そこで本研究では、心拍変動のスペクトル解析において、効率的な時間と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、探索歩行行動時における心拍変動を解析し、探索歩行行動と心拍変動との関係を検討する。

2. 心拍変動について

2. 1 心拍変動の解析

本研究における心拍変動の解析は、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い、秒単位でパワースペクトル（周波数、パワー）を抽出した。また、低周波数成分 (LF) 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、高周波数成分 (HF) は呼吸変動に関連したもので、副交感神経活動を反映すると言われている [1] [2]。0.05Hz 以下を除く 0.05Hz~0.15Hz のパワーの総和を LF 成分、0.15Hz 以上~0.475Hz のパワーの総和を HF 成分とした。LF 成分は交感と副交感神経活動を反映していることから、LF 成分と HF 成分の比率を求

め、交感神経活動を評価することが一般的である [2] [3] ことから、LF/HF を抽出した。

2. 2 歩行時の心拍変動

予備研究として、安静時から平坦な廊下を歩行する実験を行った。実験結果では、安静から歩行を開始すると R-R 間隔は短くなった。その後、平坦な廊下を歩行中は R-R 間隔の変動が小さく一定の値で推移した。また、歩行を開始すると HF 成分は減少する。しかし、LF 成分は HF 成分と比較して緩やかに減少する傾向が見られた。歩行を開始すると LF/HF が増加し、歩行開始後 7 秒前後（被験者 5 名の平均は、7.6 秒であった）で最も大きくなり、その後、LF/HF は減少した。しかし、平坦な廊下を歩行中は LF/HF の変動は小さくなることがわかった。歩行開始後に歩行による負荷量が一定に達すると交感神経活動が抑制され、LF/HF が減少し定常状態になったと思われる。

3. 実験方法

大型複合ビルを実験場所に選定し、目的地を指定した上で、自由に探索歩行させる実験を行った。被験者は、男子学生 7 人 (19~24 歳) とし、心電図検査等で不整脈などの指摘を受けたことがない者を選定した。また、実験で使用した大型複合ビルの利用経験がないことを確認した。図 1 に平面図を示す。①のビル入口（屋外）からスタートし、エレベータホール (⑦) を探索しながら歩行する。そして、エレベータに乗り 10 階に向かい、降りた所（オフィス入口）をゴール地点（終了）とした。被験者には、「10 階の住宅供給公社のオフィスまで行ってください。行き方は自由です。ただし、行き方を人に尋ねないでください。また、走るなどの急激な行動は行わず、普段の速度で歩行してください。」と口頭で指示するとともに、メモを手渡した。被験者に心拍計（竹井機器工業 T. K. K. 1876a）を装着し、実験中の R-R 間隔時間を測定するとともに、後方から被験者を追跡し、被験者の探索歩行行動をデジタルビデオカメラで撮影した。なお、大型複合ビルには、主に低層用 (B2~4F, B1~5F (2 箇所))、中層用 (1F~10F (3F~4F 通過))、高層用 (B1~24F (3F

～10F 通過)) の 4 か所のエレベータがあり、10 階のオフィスに行くには、中層用エレベータ (図 1 の⑦) を探索して乗る必要がある。

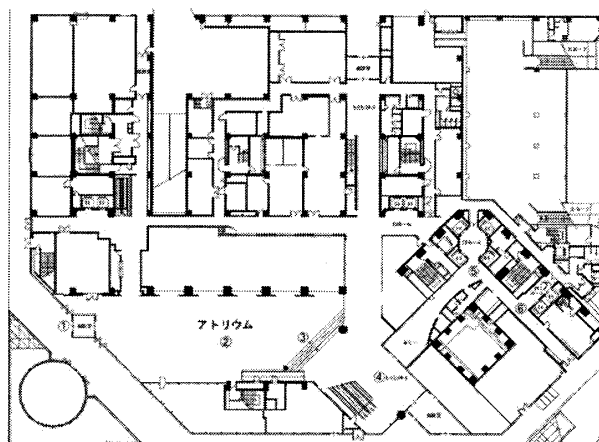


図 1 実験で使したビル (平面図、1F)

3. 実験結果と考察

例として、案内板確認や引き返すなどの迷い行動が見られたが、中層用エレベータに直接到着できた被験者 A と、中層用エレベータではなく、低層用エレベータに乗ってしまい、再び 1 階に戻り、中層用エレベータを探す行動が見られた被験者 B の結果を取り上げることとする。

図 2 に被験者 A の探索歩行中の探索歩行行動と LF/HF との関係を示す。探索歩行を開始した時点が 0 秒である。「アトリウム直進 (回りを見ながら)」、「案内板確認」、「進路変更 (左折、右折)」などの歩行行動が見られた前後に、LF/HF が増加する傾向が見られる。図 3 に被験者 B の探索歩行中の探索歩行行動と LF/HF との関係を示す。「進路変更 (左折、右折)」、「案内板の確認」の前後、誤ったエレベータ乗った時点で LF/HF が増加する傾向が見られる。また、図 2 と図 3 を比較すると、迷い行動が多く見られた被験者 B の方が、LF/HF が細かく変動している。

今回の実験結果では、左折や右折の進路変更、案内板確認、迷う様子などの精神的負担が大きいと思われる前後に、LF/HF が増加する傾向が見られた。精神的負荷時では交感神経活動が活発になり、副交感神経活動が抑制され、LF/HF が増加することは多くの研究で示されている [3]。また、心拍変動のパワースペクトル (自律神経機能) の変化を秒単位で捉えた先行研究もある [2]。探索歩行行動において緊張する場面では、交感神経活動が活発になり副交感神経活動が抑制された結果、LF/HF が増加したと考えられる。

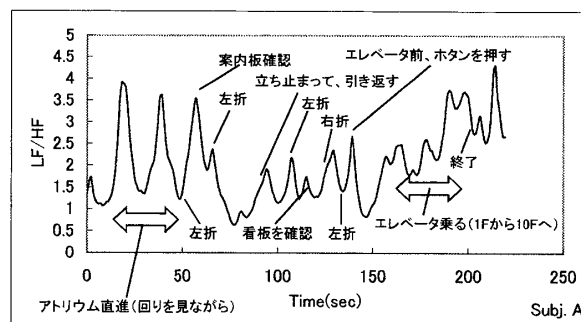


図 2 探索歩行行動と心拍変動 (被験者 A)

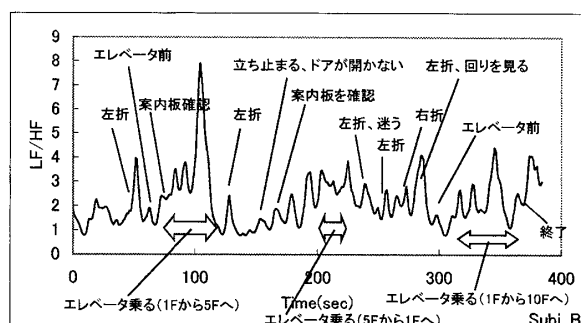


図 3 探索歩行行動と心拍変動 (被験者 B)

4. まとめ

本研究では、心拍変動のパワースペクトル解析において、効率的な時間と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、探索歩行行動時における心拍変動を解析し、探索歩行行動と心拍変動との関係を検討した。その結果、秒単位の LF 成分 (交感・副交感神経活動) と HF 成分 (副交感神経活動) を抽出し、LF/HF 値を算出することにより、時々刻々と変化する精神的負担の変化を計測できる可能性を示した。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました山形県庁、山形市、山形新都心開発 (株) に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 及川欧ら: Heart Rate Variability (心拍変動) バイオフィードバックの臨床適応, バイオフィードバック研究, 35(1), 59-64, 2008.
- [2] 森本陽子ら: ウェーブレット変換による姿勢変換時の自律神経機能評価, 大同工業大学紀要, 34, 81-87, 1998.
- [3] 雙田珠己ら: 心拍変動スペクトル解析を用いた着衣動作における身体的・精神的負担の評価, 日本家政学会誌, 58(2), 91-98, 2007.