

ウェーブレット変換による生体情報処理の基礎的研究

4W-3

- 心拍変動からの自律神経活動を例として -

本多 薫

産能短期大学

1. はじめに

近年、人間工学や生体工学等の分野において、これまでのパワースペクトル解析を応用し、脳波、心拍および筋電などの生体情報（生体信号）を解析し、生体の状態を定量的に測定する試みが行われている [1]。生体情報の1つとして、比較的容易に測定できるものに心拍がある。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、心拍の解析には周波数解析が有効であると考えられている [2]。しかし、この心拍の時系列データは非定常な信号であり、これまでのフーリエ変換を用いた解析では、時間軸に沿ったある対象区間の平均としてのスペクトルが得られるため、時間的情報が失われる。この欠点を補う手法にウェーブレット変換がある。

ウェーブレット変換による時系列データの解析は、フーリエ変換を用いる解析に比べると、周波数特性が時間の関数として与えられることになり、時間軸、周波数軸、パワー強度の3次元情報として得られる利点があり、生体信号の時間的変化を解析するのに有効な手法であると考えられる。

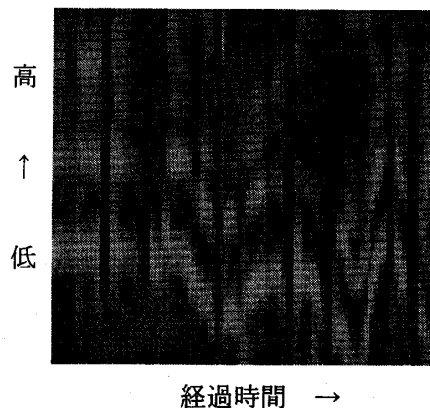
そこで本研究では、生体情報の一つである心拍の時系列データを取り上げ、ウェーブレット変換を行い、心拍変動の成分から自律神経活動の時間的変化を測定できるかを検討した。

2. ウェーブレット変換

本研究における心拍の解析は、安静時および負荷時の15分間の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（図1）。0.1Hz付近に中心周波数をもつ低周波数成分(LF)と0.25Hz付近

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 [3]。よって、0.05Hz以下を除く0.05Hz～0.50HzにおけるLF成分とHF成分のパワーの総和を抽出し、両者を比較検討することとした。



(X軸：時間，Y軸：周波数，負荷時)

図1 ウェーブレット3次元濃淡グラフの一例

3. 実験内容

被験者は男性4名および女性1名（年齢21～24才）である。実験開始前に食事、喫煙から2時間以上の間隔をとって行った。被験者に心拍測定装置を装着した。コンピュータの前に座り、楽な姿勢で15分間の安静を取った。その後、ディスプレイ上に提示された数字を掛け算（2桁×1桁）する作業を行った。作業時間は15分間であり、計算の解答は口頭とした。被験者に精神的負荷を与えるために、各計算問題の提示時間を5秒、10秒に設定した。

4. 実験結果および考察

図2に安静時におけるLF成分とHF成分の時間による変化の一例を示す。この図より、安静時にお

いては、LF 成分と HF 成分ともに時間経過によるパワーの変化は小さく両者が拮抗していることが分かる。次に図3に計算作業により、生体に負荷をかけた場合の LF 成分と HF 成分の時間による変化の一例を示す。この図より、提示時間5秒および10秒ともに作業を開始した直後は、LF 成分と HF 成分の変化は小さいが、時間が経過するとともに、HF 成分が低下する傾向が見られる。特に提示時間5秒では、HF 成分の低下が顕著に現れている。また、LF 成分は大きな変化は認められなかった。他の被験者についても同様の傾向が見られた。

計算作業を行うと HF 成分が大きく低下することが認められた。これまでの研究により、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 [3]。このことから、生体負担が増加すると、副交感神経活動が抑制され、パワーが低下したものと考えられる。

5. まとめ

生体情報の一つである心拍の時系列データを取り上げ、ウェーブレット変換を行った結果、計算問題により精神的負荷を与えると、HF 成分が減少する傾向が見られた。また、安静時においては、HF 成分と LF 成分が拮抗していることが認められた。ウェーブレット変換により、心拍変動の成分から HF 成分と LF 成分が抽出でき、自律神経活動の時間的変化を測定することができた。

生体情報では、非定常な信号であることが多く、負荷時における心拍変動も非定常な信号であると考えられるが、時間、周波数、パワー強度の3次元情報が得られ、非定常な信号である生体信号の時間的変化を解析するのにウェーブレット変換が有効な手法であることが示唆された。

参考文献

[1] 秋谷一平 他：ウェーブレット変換の生体信号解析への応用. 総合保健体育科学,21(1),11-15,1998.
 [2] Sayers, B. McA.: Analysis of heart rate variability. Ergonomics,16(1),17-32,1973.
 [3] Pomerantz, B. et al.: Assessment of autonomic

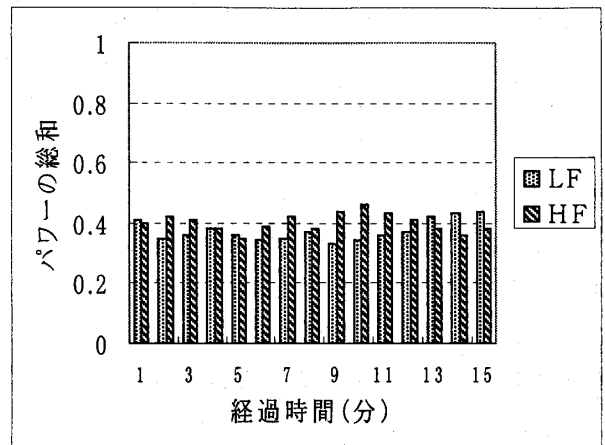
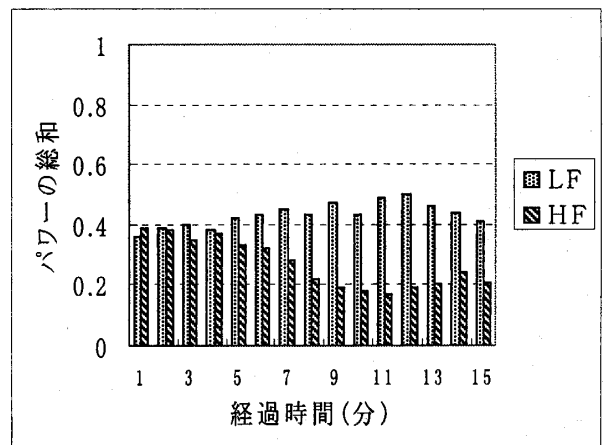
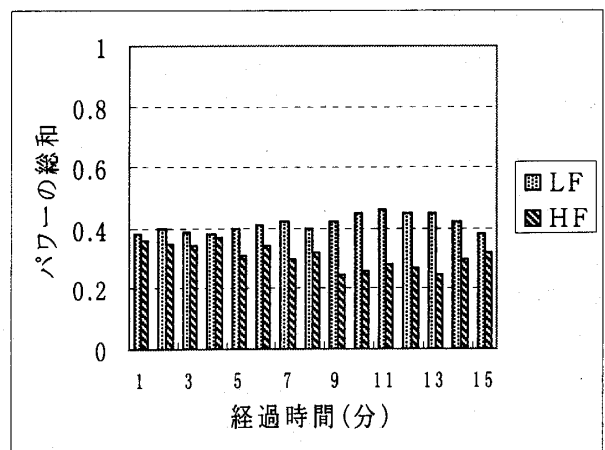


図2 時間経過による成分の変化(安静時,Subj.A)



提示時間：5秒



提示時間：10秒

図3 時間経過による成分の変化(負荷時,Subj.A)

function in human by heart rate spectral analysis. American Journal of Physiology, 17(1),H151-H153,1985.