



## 運動負荷心電図のリアルタイム解析システムの構築

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学SVBL 公開日: 2007-12-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 長谷川, 裕紀, 渡邊, 卓也, 魚住, 超 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/330">http://hdl.handle.net/10258/330</a>

# 運動負荷心電図のリアルタイム解析システムの構築

長谷川裕紀、渡邊卓也\*、魚住 超\*

室蘭工業大学 サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー

\*室蘭工業大学 情報工学科

## 1. はじめに

運動負荷心電図は、不整脈や心筋梗塞等の心臓病の診断や治療効果の判定に広く用いられている。コンピュータの性能や信号処理技術の向上により、運動負荷心電図の自動解析が報告されるようになり<sup>1)2)</sup>、近年 Digital Signal Processor<sup>3)</sup>やウェーブレット変換<sup>4)</sup>を用いた様々な波形検出アルゴリズムが提案されている。しかし、運動中は発汗、体動による基線のずれや筋電図の混入により、きれいな心電図波形を記録できないことが多く、特に振幅の非常に小さいP波を正確に検出することが困難な場合がある。本研究では、P波の検出に新たな手法を導入した運動負荷心電図のリアルタイム解析システム(Real Cardio system)を構築し、その評価を行った。

## 2. システムの概要

本システムでは、新たな心電図波形が入力される毎にP波とR波のピーク検出を行い、P-P間隔(PPI)、R-R間隔(RRI)、P-R間隔(PRI)を算出する。次に、PPIとPRIのデータを15秒の重複区間を設けた上で30秒毎に分割し、各区間の平均値を用いてPPI/PRI相関図を表示する。Figure.1にReal Cardio systemのGUIを示す。

## 3. 波形検出アルゴリズム

先に述べたように、運動負荷心電図の測定時には様々なノイズが混入するため、P波やR波の時刻を正確に求めることが難しい場合がある。そこで本研究では、P波およびR波の時刻を予め予測点として算出し、予測点の周辺領域にある波形の候補点についてテンプレートマッチングを行うことにより、波形の検出精度を向上させている(Fig.2)。

### 3.1 R波の検出方法

システムでは、最初にR波の検出を行う。過去5拍のRRIの平均値( $R_I$ )を直前のR波の時刻( $R_{T-1}$ )に加算し、予測点( $R_E$ )を求める。次に、その予測点を中心に  $R_E \pm (R_I * 0.15)$ の区間を検出区間( $R_A \leq R_E \leq R_B$ )として設定する。検出区間において、ある閾値を超えたデータの中から全ての頂点をR波候補点として一時保存する。最後にR波テンプレート(過去5拍の加算平均波形)とR波候補点の相関をとり、相関係数が0.85以上のR波候補点をR波( $R_T$ )として検出する。したがって、R波テンプレートを作成するために、最初の5拍については、ある閾値を超えたデータの中から最大値をR波としている。

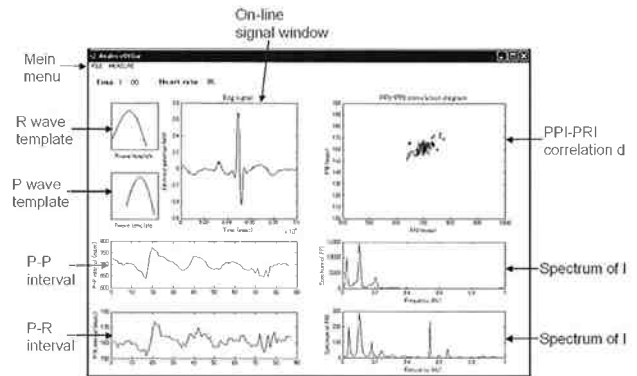


Fig.1 The screen of Real Cardio system

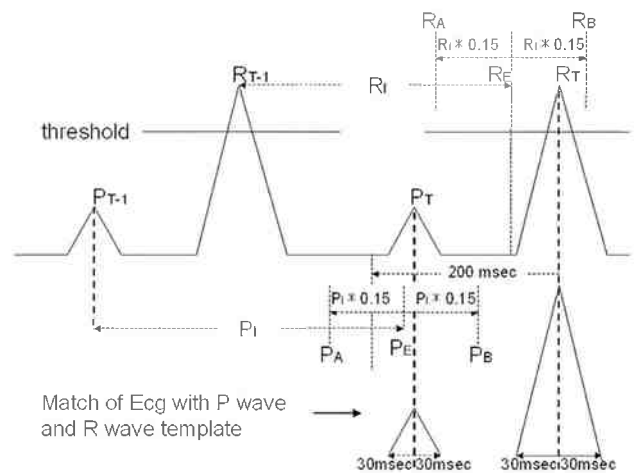


Fig.2 Algorithm for detecting P and R wave

### 3.2 P波の検出方法

基本的な検出アルゴリズムはR波と同様である。過去5拍のPPIの平均値( $P_I$ )から予測点( $P_E$ )および検出区間( $P_A \leq P_E \leq P_B$ )を算出する。また、PRIが通常200msecを超えないことから、検出区間の開始点はR波の200msec前とする。最初の5拍については、R波の時刻から200msec前および60msec前までの区間内の最大値をP波として検出し、6拍目以降については、上記によって定められた検出区間において、P波テンプレートとP波候補点との相関をとり、相関係数が0.85以上のP波候補点をP波として検出する。

P波およびR波の各候補点とテンプレートマッチングを行うことにより、心電図波形とノイズを区別することができる。なお、P波とR波の検出処理は自動的に行われるが、オフラインで手動により決定することも可能である。

#### 4. 評価実験

健康な男子学生 5 名 (Mean 21.4 歳, S.D. 0.89 歳) を対象とし, Real Cardio system の評価実験を行った. 今回は 1 人につき測定を 2 回ずつ行っている. 運動負荷には, エルゴメータ (AEROBIKE800, COMBI 社) を使用し, 次の手順に従って運動負荷心電図を測定した. はじめにエルゴメータに座った状態で 3 分間の測定を行い (安静), 次に負荷を 20W から 20W/min で 140W まで漸増させ, 140W の負荷を 5 分間継続した (運動負荷). エルゴメータの回転数は, 1 分間に 50 回転から 60 回転を保つように事前に被験者に教示している. 運動負荷終了後に回復過程を 15 分間とり (負荷後安静), 合計 30 分間の心電図を連続して測定した. 心電図の誘導法は, Mason-Likar 変法<sup>5)</sup>の II 誘導であり, 波形はサイナアクト MT11 (NEC メディカルシステムズ社) を使用し, サンプリング周波数 1KHz で A/D 変換して PC に保存した. 本研究におけるデータ解析は MATLAB (MathWorks Inc.) を使用している.

#### 5. 結果と考察

Table 1 に PPI と RRI の相関係数を示す. 表から読み取れるように, PPI と RRI の相関は非常に高く, P 波をほぼ正確に検出できているのではないかと考えられる. ここで, 被験者 A の PPI/PRI 相関図を Fig.3 に示す. 運動が始まると, PPI および PRI がゆらぎながら短縮し, 運動が終了すると運動時と同じような経路を辿って安静の状態に戻っていく様子が分かる. 心拍数の増加 (PPI の短縮) に伴う PRI の短縮は, 過去の研究でも報告されており<sup>6)</sup>, この点からも, 本研究で提案した波形検出アルゴリズムは, P 波および R 波のリアルタイム検出に有用であると思われる. また Fig.3 の (a) と (b) の図を比較すると, 相関図が示す軌跡は類似しており, ある程度の再現性が確認できる. よって, PPI/PRI 相関図を解析することにより, 自律神経活動の個々人の特徴や経時的な変化を捉えることが可能になると考えられる.

#### 6. まとめ

本研究で提案した波形検出アルゴリズムは, 予測点の算出とテンプレートマッチングを併せたシンプルな方法であるが, 運動負荷心電図の P 波をほぼ正確に検出できた. 今後は, PPI/PRI 相関図の解析と心拍変動の周波数解析から, 時々刻々と変化する運動時の自律神経活動の評価を行う予定である.

Table 1. Correlation between PPI and RRI

Subj. No.	1st trial	2nd trial
A	0.987	0.988
B	0.983	0.985
C	0.983	0.987
D	0.953	0.986
E	0.980	0.983
Average	0.977	0.986

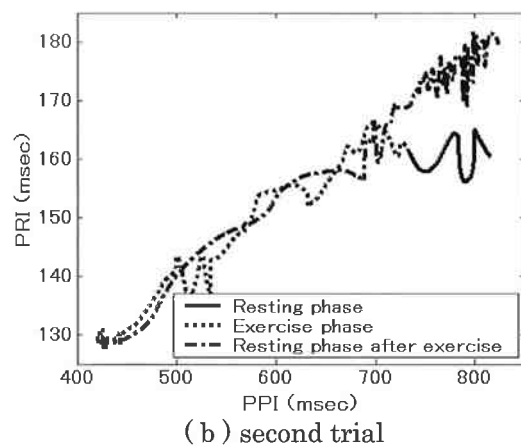
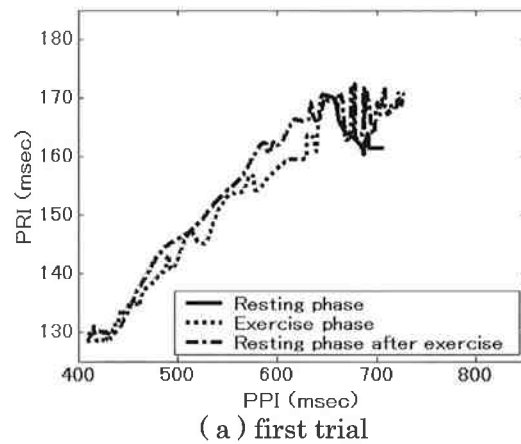


Fig.3 Correlation diagram of PPI and PRI

#### 参考文献

- 1) Savvides M, Froelicher V. : Non-Invasive Non-Nuclear Exercise Testing. *Cardiology* Vol.71, pp100-117 (1984)
- 2) Elamin MS, Mary DA, Smith DR, Linden RJ. : Prediction of severity of coronary artery disease using slope of submaximal ST segment /heart rate relationship. *Cardiovasc Res* Vol.14, pp681-691 (1980)
- 3) Basano L, Ottonello P, Poggi A, Adezati L, Semino S, Ubaldi P, Viviani GL. : An instrument for real-time spectral estimation of heart rate variability signals. *Comput Methods Programs Biomed* Vol.47, pp229-236 (1995)
- 4) Bahoura M, Hassani M, Hubin M : DSP implementation of wavelet transform for real time ECG wave forms detection and heart rate analysis. *Comput Methods Programs Biomed* Vol.52, pp35-44 (1997)
- 5) Mason RE, Likar I. : A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. *Am Heart J* Vol.71, pp196-205 (1966)
- 6) Atterhog JH, Loogna E. : P-R interval in relation to heart rate during exercise and the influence of posture and autonomic tone. *J Electrocardiol* Vol.10, pp331-336 (1977)