



HRV Module

for Windows User's Guide

日本語マニュアル

本マニュアルは現時点での可能な限り正確な情報を記載しています。但し、記載されているソフトウェア、およびハードウェアに関する事柄は将来変更される可能性があります。ADInstruments Pty Ltd は必要に応じ仕様等の変更を行う権利を有します。最新の変更内容は常に別途配布されます

ADInstruments社の商標

MacLab、PowerChrom、PowerLabはADInstruments Pty Ltdの登録商標です。PowerLab/800などのデータ記録装置の特定のモデル名はADInstruments Pty Ltdの商標です。Chart、EChem、Histogram、Keeper、Peaks、Scope、Translate、UpdateMaker、UpdateUser (application programs)はADInstruments Pty Ltdの商標です。

その他の商標

Apple、the Apple logo、Macintosh、MacOS、Power MacintoshはApple Computer、Incの登録商標です。

WindowsとWindows 95はMicrosoft Corporationの登録商標です。Windows NTはMicrosoft Corporationの商標です。

Product: MLS310 (Heart Rate Variability Module)

文書著作 : Malcolm Bowers

文書番号 : U-MLS310/W-UG-001A

Copyright June 2000

ADInstruments Pty Ltd

Unit 6, 4 Gladstone Rd

Castle Hill, NSW 2154

Australia

Web: <http://www.adinstruments.com>

E-mail: support@adinstruments.com

すべての権利はADInstruments Pty Ltdが留保します。本マニュアルのすべてあるいは一部を、ADInstruments Pty Ltd及びADInstruments Japan Inc.の許可なく無断で複写、複製、翻訳、あるいは他の電子媒体などへ移植することを禁じます



目次



目次 ii

- 1 基本 5
 - 本書について 6
 - Chart モジュールのバージョン 6
 - HRV モジュールをインストールする 7
 - HRV モジュールについて 8
 - はじめに 8
 - LHRV モジュールのライセンス 9
 - Chart インターフェイスに組み込む 10
- 2 HRVモジュールのセットアップ 13
 - 記録の設定 14
 - オンラインとオフラインモード 14
 - 解析の設定 15
 - R 波の検出 18
 - コメント 22
 - 被検者のデータ 22
- 3 HRVモジュールを使う 25
 - 記録する 26
 - 安全性 26
 - オンライン解析 26
 - オフライン解析 27
 - HRV 解析ウィンドウ 27
 - ウィンドウの開き方と閉じ方 27
 - 一般的な機能 28
 - ポインカレプロット 29
 - ペリオドグラム 30
 - デルタ NN ヒストグラム 31
 - レポート 32
 - スペクトラム 34
 - 時系列を編集する 35
 - 問題を見つける 35
 - 検出設定を再調整する 36
 - R 波を追加する 36
 - 短期アーチファクトを削除 38
 - データパッドの統計データ 39
 - テキストとしてデータをエクスポート 40
 - HRV レポート 40
 - RR インターバル 40
 - ノーマル化 RR (NN) インターバル 41
 - スペクトラム RR インターバル 41
 - HRV ウィンドウをコピーする 42
 - HRV ウィンドウを印刷する 42
 - レポート全体を印刷する 42
- A 技術的な考察 45
 - R 波イベントタイム 46
 - Threshold/Zero after threshold 46
 - Maximum after threshold 46
 - 生 RR インターバル 46
 - ノーマル化 RR インターバル 47
 - ポインカレプロットの精円 48
 - HRV スペクトラム 48
 - スペクトラム RR インターバル 49
 - 再サンプリング 49
 - スペクトラムの演算 50
- B HRV問題点とメッセージ 55

問題	56
メッセージ	56
ライセンス	56
オンライン解析	57
オフライン解析	59
R 波を追加する	61
短期アーチファクトを削除	63
C データパッドのパラメータ	65
データパッドのパラメータ	66
D リファレンス	69
リファレンス	70
Index	71
ライセンス及び保証承諾書	75

1 基本



心拍数の変動性 (HRV : Heart Rate Variability) モジュールは Chart に付帯するソフトウェアで、心電図 (ECG) や動脈拍の記録に於ける RR 間隔を解析します。

この章では Windows 版の HRV モジュールのインストール法と、モジュールの使い方や一般的な機能について説明します。

本書について

本書は Windows 版 Chart v5.0.1、及びそれ以降のバージョンに対応する HRV モジュール v1.0 (及びそれ以降のバージョン) に関する詳細な情報をユーザの皆さんに提供致します。

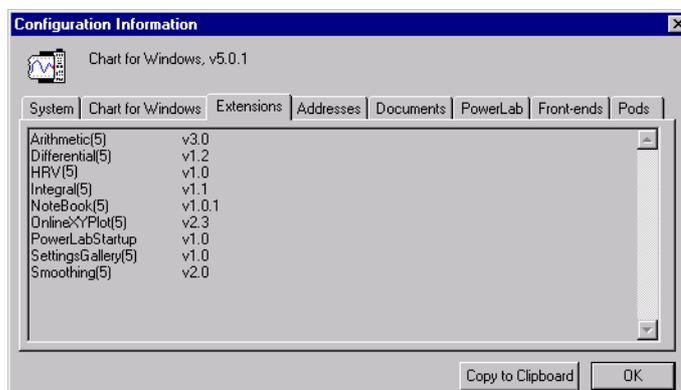
本書は、PowerLab と Chart の基本的な使い方はご存知の方を前提として説明させていただきます。Chart の使い方をご存知でない方は、PowerLab に付属しています 'Getting Started' や Chart の 'ユーザズガイド' を参考にしてから本書をご利用下さい。

Chartモジュールのバージョン

Chart モジュールは Chart アプリケーションのバージョンによって対応していないものもあります。例えば、Chart モジュールによっては Chart v5.0 以降のバージョンにしか対応していないものがあります。古い Chart モジュールではこの Chart には取り込まれません：その場合は Chart モジュールは古くて取り込めないとの警告が出ます。

このような場合は Chart のヘルプメニューからコンフィグレーションを選んで、Chart の互換性を確かめて下さい。コンフィグレーション情報ダイアログボックスの < Extensions > タブに、現在インストールされているモジュールとエクステンションが一覧 (図 1-1) になっています (エクステンションも Chart に付帯するソフトウェアですが、標準のものは無償で簡単な操作で実行できます。モジュールは特化したアプリケーションツールで大変有用な機能を提供します)。

図 1-1
Chart のコンフィグレーション情報ダイアログボックスの Extensions タブ



各エクステンション名の終わりに数字が括弧内に出ています。これはそのモジュールやエクステンションが対応している Chart の主バージョン

ジョンを表します。モジュールやエクステンションのバージョン番号から、対応するドキュメントやそれが最新バージョンかどうかを確認して下さい。

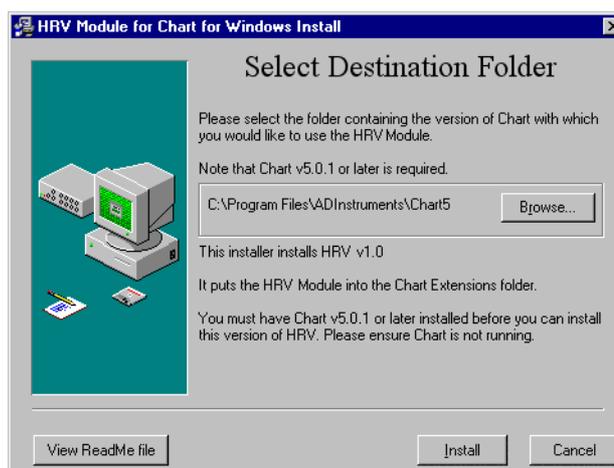
モジュールのバージョン情報は Windows のエクスプローラからも確認できます。これにはモジュールのファイル名を右クリックしてプロパティを選んで下さい。ファイルプロパティのダイアログボックスから Version タブ(バージョン情報)を選び、ファイルバージョンと製品バージョンの詳細が確認できます。ファイルバージョンの数字 (Value) はそのモジュールやエクステンションに対応しています。製品バージョンの数字 (Value) は、そのモジュールやエクステンションに対応した最新の Chart バージョンと関連します。

HRVモジュールをインストールする

ADInstruments 社製 HRV モジュールは CD-ROM で提供されます。CDドライブに挿入すると、自動的に HRV モジュールのソフトウェアと付帯するドキュメントがコンピュータにインストールされます。HRV モジュールをインストールする前に、Chart v5.0.1 以降をインストールしておく必要があります。HRV をインストールする際は Chart は起動させないで下さい。

1. CD-ROM をドライブに挿入して下さい。図 1-2のインストーラウィンドウが表示します。

図 1-2
HRV モジュールのインストーラウィンドウ



2. 必要なら<Browse...>ボタンを使って HRVモジュールを使う Chart バージョンの場所を選んで下さい (標準のインストール場所で良いならこの操作は無視して下さい)。

3. インストールボタンをクリックするとインストールを開始します。ハードディスクには次のファイルとフォルダーがコピーされます：
 - ADInstruments \ Chart5 \ Extensions ホルダーに HRV(5).cfwext Chart モジュールファイルが入ります。
 - HRV デモファイルが Chart Demo Files ホルダーに入ります。
 - HRV Module User's Guide(このドキュメントの英文オリジナル) が ADInstruments \ Documentation ホルダーに入ります。
 - HRV オンラインヘルプもインストールされます。
4. 総てがインストールされるとダイアログボックスで知らせます。Exit をクリックしてインストーラーを取り出します。

Chart を起動すると、モジュールは自動的に読み込まれます。

HRV モジュールをアンインストールするには、まず Chart を終了します。次にモジュールファイルを Extensions (使用していない) ホルダーに移動します。必要の無いモジュールはアンインストールしておけば、Chart に必要なメモリーがその分減りますので、システムのパフォーマンスが向上します。

HRV モジュールについて

HRV モジュールは Chart ソフトウェアに機能を追加し、RR インターバルの変動を解析して表示します。このモジュールは人、及び動物実験の研究用ツールとして設計されたもので、臨床や診断目的には作られておりません。

HRV モジュールは Chart で記録する ECG や動脈拍シグナルを解析します。記録の設定については第二章で説明します。

一般的にHRV は、既に記録されたデータを解析するオフラインの作業ですが、オンラインでも作動しますので、データを記録しながら演算を実行して表示します。データはサンプリング速度や表示単位の変更を伴わないブロックの境界内を、オンラインまたはオフラインの何れかで処理されます。

はじめに

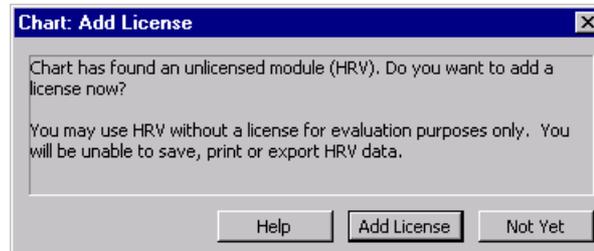
HRV モジュールを使うには、Chart を通常通りに始動します (Chart ファイルをダブルクリックするか、デスクトップかスターボ

タンのショートカットを使って)。ライセンスコードを登録しなくても HRV は試せますが、HRV で解析したデータを保存し印刷、抽出するにはライセンスコードを登録する必要があります。

HRV モジュールのライセンス

HRV モジュールにはライセンスコードが提供されています。インストールした HRV モジュールを使って最初に Chart を始動すると、ライセンス追加 (Add License) ダイアログボックス図 (1-3) が表示しますので、そこに自分のライセンスコードを入力して下さい。

図 1-3
ライセンス追加ダイアログ
ボックス。



<Not Yet> をクリックすると、HRV モジュールを試験的な目的でも使用できますが、解析したデータを保存し印刷、別のアプリケーションに移出することはできません。ライセンスコードを入力しなければ、Chart を始動する度にこのダイアログボックスは表示します。ライセンスコードを入力すると、新規ドキュメントが開くか作成されます。

ライセンスコードを追加するには、<Add License> をクリックします。ライセンスマネージャーダイアログボックス (図 1-4) が表示します。このダイアログボックスは、Chart の編集メニューの< 設定 > (Preferences) サブメニューからいつでも呼び出せます。入力欄に自分のライセンスコードを入力して < 追加 Add > ボタンをクリックすると、ダイアログボックスのライセンスコードリストにそのコード番号が追加されます (自分のコードを入力したら、下四桁の番号が一覧に ' xxxx ' のように表示しますので確認して下さい) 。

ライセンスマネージャーの詳細は Chart ユーザーズガイドを参考にしてください。

図 1-4

ライセンスマネージャーダイアログボックス、HRVの追加ライセンスコードが追加されています

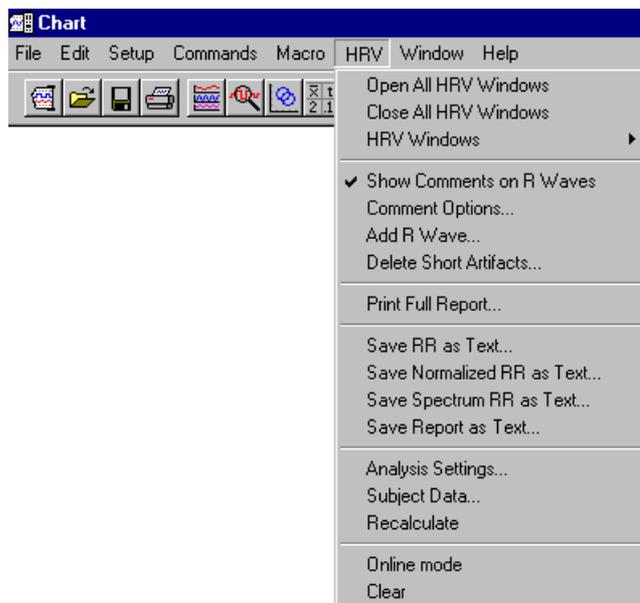


Chartインターフェースに組み込む

HRV モジュールをインストールして Chart を始動すると、Chart メニューバーにHRV メニューが追加されます (図 1-3)。このメニューから大部分の HRV モジュールの機能にアクセスできます。メニュー項目の機能と使い方を二章、三章で説明します。

図 1-5

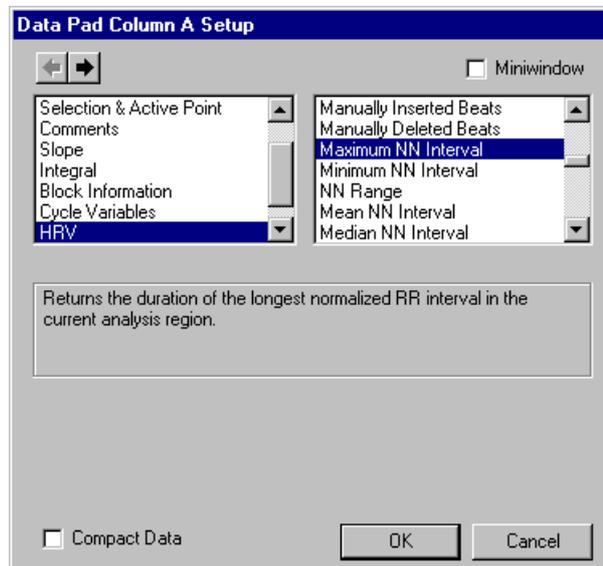
HRV メニュー



何れかの HRV 解析ウィンドウがアクティブな時は、Chart のメニューバーには < View > メニューも加わります。このメニューで個々の HRV 解析ウィンドウに特化したビューポイントが設定できます。View メニューの持つ様々な形式の詳細は三章で説明します。

さらに、データパッドのパラメータカテゴリーにはHRV (図 1-6) も追加されます。各パラメータの説明は Appendix C に載っています。

図 1-6
データパッドのパラメータ
カテゴリーにHRV が追加
されます。



2

HRV モジュールのセットアップ



この章では HRV モジュールを使って解析するデータを収録する際に必要となるセッティングの方法について説明します。また、標準のRR インターバルのクラス分けの設定方法、ECG や脈波シグナルの記録からR 波を検出する方法、その他演算に影響する設定や解析結果の表示方法について説明します。

記録の設定

- 人の心電図や脈波の記録では Chart のサンプリング速度を1 kHz に設定します。小動物の実験では、適正なRRの時間分解能を得るために速度を 2~5 kHz にして下さい。
- 入力アンプを使って、使用するチャンネルの入力レンジを正しくセットして下さい。人の ECG や脈波では 200 mV か 2 mV が一般的です。
- 表示する圧縮率を 10:1 にセットします (サンプリング速度が 1 kHz 以上の場合は圧縮率を上げて下さい) 。

オンラインとオフラインモード

オフライン

デフォルトのモードはオフラインです。この場合、ここで説明する解析の設定はデータを記録した後で、解析したい時に行います。また、オフラインモードでは、適正な設定で記録されたデータなら別の人が記録した Chart ファイル (このChart で読み込めれば) でも、この HRV モジュールで解析ができます。

オンライン

オンラインモードでは、記録しているデータをHRV で解析しながらその結果を随時表示します。良質な解析結果を得るためにも記録を開始する前に、次に説明する解析の設定と R 波の検出の設定法に従って下さい。オンライン解析はオフライン解析と平行しても使用できます - 記録を停止すれば、設定を変更しなくてもオフラインで再解析できます。

HRV のオンラインモードで使うには：

- HRVメニューから < Online >メニューを選びます。
- 記録を始める前にこの章で説明する設定に従って下さい。
- 現行のファイルの中に以前に演算した HRV データが有り、新規データとして別途に演算したい場合は、まず別名でそのファイルを保存し (今あるHRV データが必要ななら)、次に HRVメニューから < Clear... > を選んで古いファイルを消去して下さい。

解析の設定

解析の設定とは HRV を使って RR インターバル変動の統計データを演算したりヒストグラムにプロットする際に使う様々なセッティングです。解析の設定を変更すると、その変更に対応して HRV の統計値とヒストグラムは自動的に更新されます。

- まず HRV メニューから < Analysis Settings > を選んで下さい。解析のセッティングダイアログボックス (図 2-1) が表示します。

以下の説明に従って設定 (またはデフォルト設定で) して下さい。

データソース Datasource

- チャンネルポップアップメニューから解析するデータを含む (又は記録を始めるデータの) チャンネルを選びます。
- オフラインでデータを解析する場合は、解析設定ダイアログボックスの Offline 欄から < Whole Channel > か < Selection > ボタンを使って、全チャンネル解析するのか Chart ビューの選択範囲のデータを解析するのかを選びます。 < Selection > を選ぶ場合は、Char ビューの選択範囲に解析したいデータが入っているチャンネルを指示する必要があります。選択範囲の縦軸成分は重要ではありません。

オンラインモードで HRV を使う場合は、 < Whole Channel > と < Selection > ボタンは無効表示となります。

インターバルのクラス分け範囲

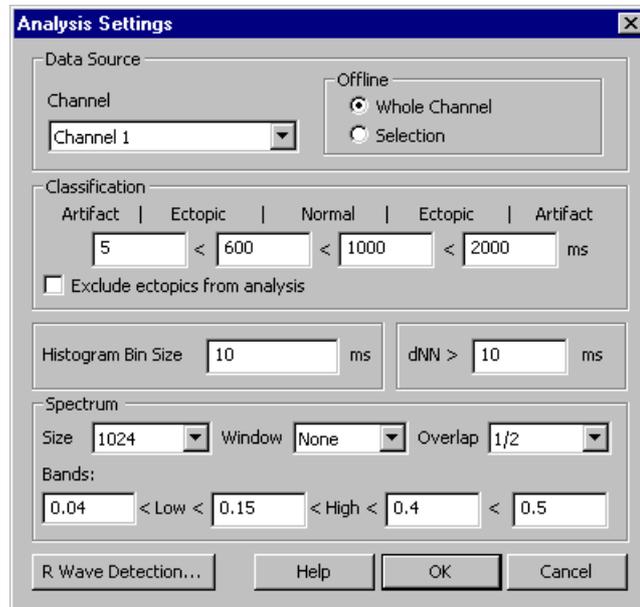
HRV 解析では、RR インターバルは時間帯 (duration) に応じて三つのグループに分類されます。

< Normal > : インターバルが設定した数値の範囲に入っている場合です。

< Ectopics > : インターバルがノーマルとアーチファクトの間の数値に入っている場合です。これらのインターバルは解析から除けます (以下参照) 。

< Artifacts > : インターバルが設定範囲の最小値未満か、最大値以上の場合です。主に、記録中の外部干渉や動作による影響で起

図 2-1
解析設定のダイアログボックス



このアーチファクトや R 波検出の設定が不適切な時に起こります。

- ・ インターバルのクラス分けの範囲を記録するデータに合わせて設定します(又はデフォルト設定)。

殆どの HRV 演算ではノーマル化 RR インターバルが NN (normal to normal) インターバルになります。この設定は：

- ・ エクトピクスを除外 (下記参照) する場合は < Normals > と補間されるノーマルインターバルに代わる < Ectopics >
- ・ エクトピクスを除外しない場合は < Normals > と < Ectopics >

統計値や解析ウィンドウによっては NN インターバルに影響されないものもあります。NN インターバルを使う演算の詳しい説明は三章でします。

エクトピクスの除外

解析からエクトピクスインターバルを除外するオプションがあります。この場合は除外されるエクトピクスは最近傍のノーマルインターバルからリニアに補間されるインターバルに置き換わります。補間することで記録の不連続性を回避し、HRV のスペクトラムに悪影響を

与えさせない為です。補間の作動原理は Appendix A の技術的な考察 (45ページ) に詳しく載せてあります。エクトピクスを除外しない場合は、ノーマルインターバルとして扱われます。アーチファクトは常に除外されます。

- RR インターバルのエクトピクス(設定した範囲で分類されませんが) を除外するには、 < Exclude ectopics from analysis > チェックボックスを選択します。

ヒストグラムのビンサイズ < Histogrambinsiz >

ヒストグラムのビンサイズは周期ヒストグラム (Period Histogram) と、デルタ NN ヒストグラム (Delta NNistogram) ウィンドウ (30ページ) に使う時間分解能のことです。

- ミリ秒の単位でヒストグラムのビンサイズを入れるか、デフォルトの 10 ms とします。

連続するNNインターバル間のズレ

HRV 解析の重要な捉え方に、連続する NN (ノーマル化 RRインターバル) 間隔のズレがあります。dNN > : 欄に入力する数値未満が同定する基準です。この値以上のズレを示す数が NNxxとして HRV レポートに表示します。ここで xx は入力した基準値です。

- 連続する NN インターバル間隔のズレ基準値の範囲をミリ秒の単位で入力するか、デフォルトの 50 ms とします。

スペクトラムパラメータ

サイズ、ウィンドウ、オーバーラップの設定が、どのように HRV スペクトラムウィンドウを演算するかを総て決定します。サイズはFFT (高速フーリエ変換) の各セグメントで解析するデータポイント数です。ウィンドウは FFT で使用するデータセグメントの末端での加重ポイントを減衰させるのに導入する関数です。オーバーラップは連続するデータセグメント間をオーバーラップする量を表します。

HRV スペクトラムで用いる FFT は Chart のスペクトラムウィンドウで使われるものと類似しています。詳細は Appendix A の技術的な考察の項 (45ページ) を参考にしてください。

四つの関数を使用できます：Cosine、Hann、Parzen、Welch。Welch 関数は Chart のスペクトラムでも使用できます。HRV モジュールのスペクトラムで使用できる全ウィンドウ関数は Appendix A の技術的な考察の項 (45ページ) で詳しく説明します。

オーバーラップオプションは < none >、1/2、2/3、3/4 から選択します。

- デフォルトの FFT サイズ (1024)、ウィンドウ関数 (Welch)、オーバーラップ (50%) を推奨します。何か特定の機能を強調する為に設定を変更する場合を除き、デフォルト設定を使って下さい。

スペクトラム解析の帯域

HRV スペクトラムウィンドウ (34ページ) は RR インターバルスペクトラムのパワースペクトラムを表します。心拍数変動の解析で重要な部分はこのスペクトラム相違帯域の解釈で、通常は周波数帯域によって VLF (極低波域)、LF (低波域)、HF (高波域) に分類します。これらの帯域にスペクトラムを分離することによって、RR インターバル変動を別の要因で分類します—詳細はスペクトラム (34ページ) の項で説明します。

- 最初の三つの入力欄に LF と HF 帯域の範囲を入力するか、デフォルト設定のままにします。ここでの設定範囲は HRV スペクトラムウィンドウに表示し、レポートに含まれる演算にも使われません。
- 右端の入力欄には HRV スペクトラムウィンドウで表示したい最大周波数 (即ち、水平軸の最大範囲) を入力します。デフォルト設定は 0.5 Hz で、人体に適用します。

R波の検出

RR インターバルを分類し統計的に解析するには、HRV モジュールでそれらを決定する為のビート検出をする必要があります。ビート検出は R 波検出設定ダイアログボックス (図 2-2) で管理します。

HRV データが有り R 波を検出する設定を変更した時は、HRV メニューから < Recalculate > を選んで HRV 統計値とヒストグラムを更新して下さい。解析の設定を変更しても自動的に更新されません。

図 2-2
R 波検出設定ダイアログボックス

- ・ < R Wave Detection... > をクリックして R 波検出設定ダイアログボックスを呼び出します。



スレッシュホールド(閾値)表示

< Offline > ラジオボタンを選択すると、スレッシュホールドディスプレイには解析設定ダイアログボックスの < Data Source > パネルで設定した解析領域 (チャンネル全体が選択範囲) のデータを表示し、ファイルにデータが無いとオンラインラジオボタンは無効表示になります。

< Online > ラジオボタンを選択すると、PowerLab でサンプリングされる入力データが右から左にスクロールしながらスレッシュホールドディスプレイに表示します。

何れの場合も、水平の黒線でピートを検出する閾値 (スレッシュホールド) を示し、ピートが検出される毎に青い垂直線が表示します。

- ・ 既存のデータにピート検出を設定するには、< Offline > ラジオボタンを選びます。時間軸に表示する値は解析設定ダイアログボックスの < Data Source > パネルの設定に従い、Chart ビューに表示しているファイルの始点か、選択範囲の始点からの相対値となります。

- ・ 新規データにビート検出を設定する場合は、< Online > ラジオボタンをクリックします。時間軸に表示する値は現行の記録時間に対応します。
- ・ 必要なら、スケールポップアップメニューやスケールボタンを使うか、軸自体をドラッグして垂直水平軸のスケールを調整します。軸スケールの伸縮方法は Chart ドキュメントウィンドウと同じで、Chart ユーザーズガイドに詳しく説明してあります。

シグナルの前処理

< Signal Pre-processing > コントロールを使ってビートのどこを RR インターバルの始点とするかを指定します。この設定で R 波を正しく検出させます。インバート、デリバティブ、シグナルのフィルター処理のチェックボックスから選択して下さい。

< Invert > : 1回の心拍周期に付き1回だけ上向きのピークを捉えビートを検出します。

- ・ シグナルが下向きのピークを示す場合は < Invert > チェックボックスを選び極性を逆転させて下さい。若しくは Chart の入力アンブダイアログボックスで < 反転 > チェックボックスを選んで下さい。

< Derivative > : シグナルの形式(脈波か ECG)、ECG 誘導と心拍軸に依って、シグナル自体を使うかその微分波形を使う必要があります。シグナルに低周波ノイズ (ベースラインの変動) がある場合は微分波形を使って下さい。

- ・ ビート検出にシグナルの微分波形を使うには、< Derivative > チェックボックスを選択します。若しくは、解析するチャンネルのチャンネル演算に < 微分 > を適用して下さい。

< 45 Hz Low Pass Filter > : シグナルまたはその微分波形に高周波ノイズが載っている場合、ノイズピークをビートとして誤って検出してしまう恐れがあります。

- ・ ビートを検出する前に、シグナル又はその微分波形から高周波ノイズを取り除くには、< 45 Hz Low Pass Filter > チェックボックスを選びます。または、算術演算かチャンネル演算のデジタルフィルターを使って 45 Hz の低域通過フィルターを導入して下さい。

またはチャンネル演算や演算入力を HRV 解析をする前のデータのチャンネルに適用しても構いません。

閾値 (スレッシュホールド)

ビート検出の現行の閾値はスレッシュホールドディスプレイに黒い横線で示され、数値でディスプレイの右に表示します。初期のデフォルト値は 500 mV に設定されています。

- ・ シグナルに必要な前処理を適用したら、黒の横線を上下にドラッグするか、閾値の値を直接該当欄に入力して閾値を調整します。

イベントポジション<positionofevent>

検出したイベントは選択で、閾値を通過した後の時間帯まで設定できます。

- ・ < Position of event > オプションボタンで、閾値通過時、閾値通過後の次の最大値時、次のゼロ通過時のうちからイベントポジションを選択します。

検出した R 波の各時間 (同じ時間にコメントが R 波に挿入されます) は、< Position of event > オプションの選択によって個別に決定されます。< Threshold > か < Zero after threshold > を選ぶと、閾値、又はゼロを通過のどちらかの側のサンプルポイントの間をリニア補間処理して検出時間を決定します。< Max after threshold > を選んだ場合は、R 波の時間決定方法の詳細が Appendix A の技術的な考察 45 ページに載っています。

<Posteventsleep>

各ビートの直ぐ後にノイズやアーチファクトが生じ、不必要なイベントとしてトリガーしてしまう場合があります。

- ・ 各ビートの直ぐ後に生じる疑似イベントの対策として、< Post event sleep > 欄に時間を入れます。これで入力した時間内に生ずるイベント検出が抑えられます。入力する時間は、各ビート後に生ずるノイズ~アーチファクトの時間帯より長く、次のイベント発生を見逃さない程度の短かさにする必要があります。

コメント

解析されたデータ中の R 波の検出時毎にコメントを表示するか、またはしないかの選択ができます（デフォルトでコメントを表示します）。オフラインモードではコメント表示のデータ領域は、全チャンネルが選択範囲（解析設定ダイアログボックスの < Data Source > パネルの設定に従い）になります。オフラインモードでは、記録されるデータに R 波が検出されるコメントが挿入されません。

コメントは R 波検出設定ダイアログボックスの < Position of event > で選んだオプションに従って、各 R 波と時間を共有します。

- R 波上にコメントを表示するか隠すかは、HRV メニューから < Show Comments > を選びます。コメントが表示される場合はそのメニュー項目にチェック印が付きます。

各コメントにはビート番号（解析領域の始点から連続数で）が含まれます。最初のビートに付くコメント以外の各コメントには、そのビートを誘導した RR インターバルの長さで分類（ノーマル、エクトピクス、アーチファクト）も付加します。

- 前処理インターバルの分類に従いコメントをビート上に表示させるには、HRV メニューの < Comment Options... > を選び、表示する HRV コメントオプションダイアログボックス（図 2-3）のチェックボックスを使って設定します。

図 2-3
HRV コメントオプション
ダイアログボックス。

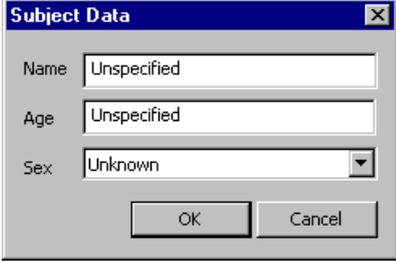


被検者のデータ

HRV モジュールは名前、年齢、性別など被検者に関する詳細が記録できます。詳細はレポートウィンドウ（33ページ）に表示します。これらは随意的なもので HRV の演算には必要ありません。

- 被検者に関する詳細は HRV メニューから <Subject Data... > を選びます。サブジェクトデータダイアログボックスが表示し、被検者の氏名、年齢、性別が入力できます。

図 2-4
サブジェクト (被検者)
データダイアログボックス



The image shows a dialog box titled "Subject Data" with a close button (X) in the top right corner. It contains three input fields: "Name" with the text "Unspecified", "Age" with the text "Unspecified", and "Sex" with a dropdown menu showing "Unknown". At the bottom of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

3

HRV モジュールを使う



この章では様々な HRV 解析ウィンドウや統計データの導入方法、解釈の仕方など、HRV 解析を実行する方法を説明します。また、非検出 R 波を一連のビートに加える方法、短いアーチファクトインターバルが生じる不必要な R 波を取り除く方法も説明します。

最後に、HRV モジュールで統計データをデータパッドに付加する機能、HRV データや統計データを別のアプリケーションへエクスポートする方法を説明します。

記録する

ECG や脈波データの記録は、14 ページで説明した記録セッティングを使って行って下さい。シグナルコンディショナーやトランスジューサの接続方法などの記録上のテクニックの詳細はここでは触れませんが、アプリケーションノート 'Monitoring Heart Rate in Humans 人の心拍数モニター' と 'Human Electrocardiography 人の心電図' に詳しく記載されていますので参考にして下さい。これらのドキュメントは ADInstruments web (www.adinstruments.com) サイトから入手できます。邦文は ADI ジャパンの web (www.adi-japan.co.jp) から入手して下さい。

安全性

HRV モジュールは人や動物実験用の研究ツールとして設計されたもので、臨床や治療用ではありません。安全に ECG 記録をするには、被検者である人は、PowerLab から電氣的にアイソレートされる必要があります。例えば、ML132 バイオアンプやバイオアンプを組み込んだ PowerLab 4/20T や /4SP を使って下さい。

オンライン解析

HRV 解析をオンラインで実行するには、二章で説明した様に前もって解析及び、R 波検出のセッティングを行っておく必要があります。オンラインモードで HRV モジュールを使う場合は、記録を始める前に解析ウィンドウをアレンジしておくとう便利です。オンラインモードでは記録しながら演算結果を見ることができます。

- 総ての HRV 解析ウィンドウを表示するには、HRV メニューから < Open All HRV Windows > を選んで下さい。
- ウィンドウメニューから < 並べて表示 > を選び、Chart ビューに HRV 解析ウィンドウを並べて表示させます。
- Chart で < スタート > ボタンをクリックし、必要な時間だけ記録をします (通常 HRV 解析では 1~5 分で十分です) 。

記録を停止して次にまたスタートすると、HRV モジュールはデフォルトで、止めたところから前の HRV 演算設定を使って新たなデータのオンライン解析が続きます。サンプリング速度が異なると、既存の HRV 解析設定では継続できません。元のサンプリング速度に戻すか、HRV データを消去して新しく解析を始めて下さい。

- 演算された HRV データを消去して新しい設定で解析を始めるには、HRV メニューから < Clear > を選んで下さい。

オンラインで HRV を使った後は、設定を変更しオフラインでもデータが解析できます。

オフライン解析

- 選択範囲を解析のベースにするには、Chart ビューで選択範囲を設定して下さい。
- 二章で説明した要領で、解析とR 波検出のセッティングをして下さい。
- HRV メニューから < Calculate > を選んで下さい (現行のデータソースで再度それを使うと、メニュー項目は < Recalculate > に換わります) 。

R 波検出のセッティング (18 ページ) を変更するには、HRV メニューから < Recalculate > を選び、新規検出設定に対応する HRV 解析ウィンドウで統計データを作成します。また、R 波を追加したり短いアーチファクト RR インターバルを削除して、時系列 (36 ページ) の編集ができます。この場合は、HRV 解析ウィンドウの統計データは自動的に更新されます。

オフラインで HRV を使った後に、新しいデータを記録しそれをオンラインで古いデータと一緒に解析することもできます。

HRV解析ウィンドウ

HRV モジュールはプロット、ヒストグラム、レポートなど様々なウィンドウも持っています。下記はウィンドウの種類で、以下にその説明をします：

- ポインカレープロット
- ペリオドヒストグラム
- デルタ NN ヒストグラム
- タコグラム
- レポート
- スペクトラム

ウィンドウの開き方と閉じ方

- 全ての HRV 解析ウィンドウを開くには、HRV メニューから < Open All HRV Windows > を選んで下さい。
- 全ての HRV 解析ウィンドウを閉じるには、HRV メニューから < Close All HRV Windows > を選んで下さい。
- 個々の HRV 解析ウィンドウを開くには、HRV メニューのサブ

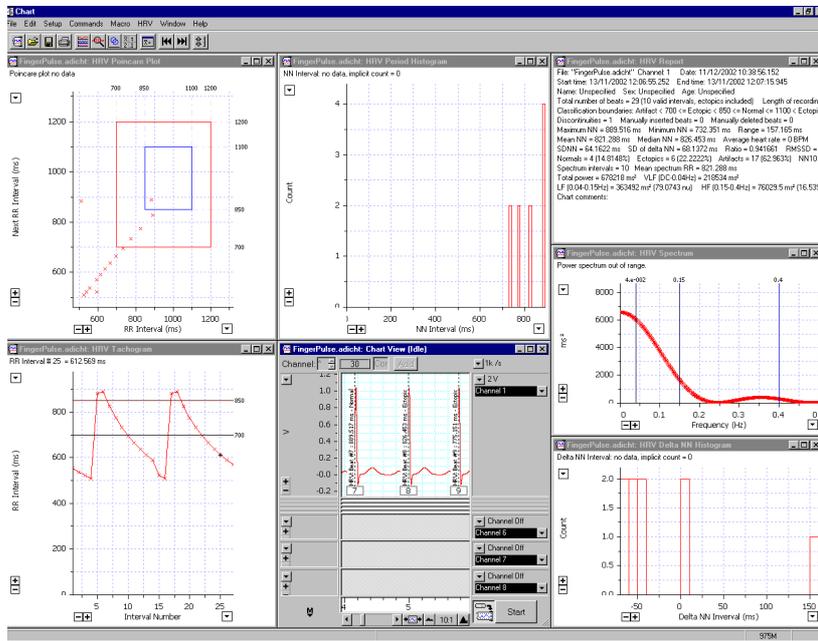
メニューから該当するウィンドウを選んで下さい。

Chart ビューで HRV ウィンドウを並べて表示すると、一度に総ての HRV 演算と Chart のデータが見られるので便利です。

- HRV 解析ウィンドウの総て (または幾つかの) を開けておき、ウィンドウメニューから < 並べて表示 > を選ぶと Chart データと HRV 解析ウィンドウと一緒に表示できます。

図 3-1

Chart ビューで HRV ウィンドウを並べて表示



一般的な機能

Report ウィンドウを除き総ての HRV 解析ウィンドウは、水平垂直軸コントロールを持っており、Chart ビューの振幅軸の調整と同じような機能を提供します。

- 両軸のスケールは、各軸の + と - のスケールボタンを使ってリサイズできます。
- 両軸とも軸の伸縮ができます。マウスを押しながら軸単位表示部の両端に移動するとカーソルは二重矢印マークに変わりますので、軸をドラッグして伸縮します。
- 両頭矢印を出してドラッグすれば、両軸とも上または下の方向にリサイズせずにシフトできます。

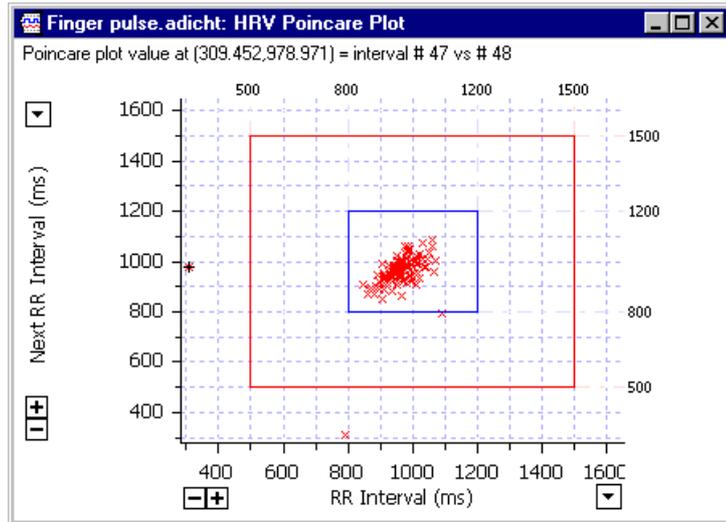
- ・ スケールポップアップメニューを使えば、両軸とも特定な範囲にスケールを設定したり、元のデフォルト設定に戻すことができます。

これらの機能の詳細は Chart のユーザーズガイドを参照下さい。

ポインカレプロット

ポインカレプロットウィンドウ (図 3-2) では、各 RR インターバルは分散プロットに先行する RR インターバルに対してプロットされます (プロットされるインターバルの集合は完全な生 RR インターバル集合ですが、随意的に表示する平均と標準偏差はノーマル RR インターバルに基づいています) 。

図 3-2
ポインカレプロットウィンドウ：記録時のアーチファクトは赤のボックスで示すアーチファクト/エクトピクス圏外のポイントとして、視覚的にはっきり確認できます。



ノーマルビート、エクトピクス、アーチファクトにインターバルを分類する範囲は青と赤のボックスで表示され、プロットの右上には数値が出ます。ボックスはその角や端をドラッグすればインターバルの分類範囲が変更でき、プロットと解析設定ダイアログボックスに表示する数値もその変更に対応して変わります。

ポインカレプロットウィンドウがアクティブの時は、Chart のメニューバーの View には < Show Mean >、< Show limits >、< Use Color >、< Join Points > の各項目が表示します。

< Show Mean & SD > はノーマル RR インターバルの平均を黒の小四角形で表示、又は隠すメニューで、心拍数変動量も楕円で表示、

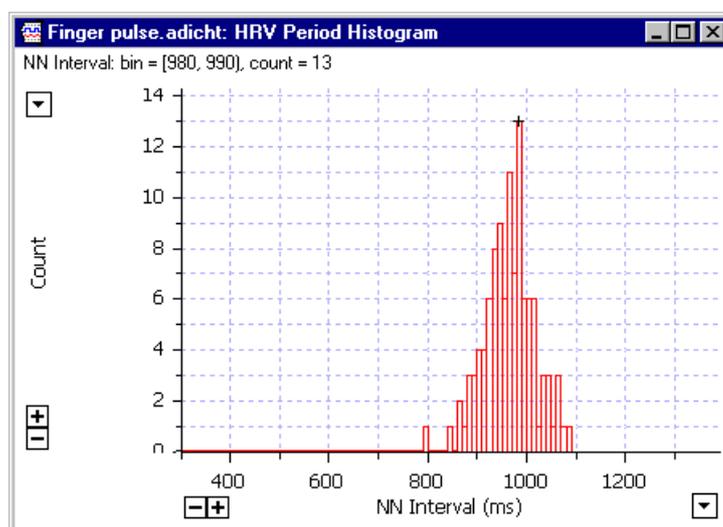
又は隠します。楕円の長短軸はそれぞれ短長時間帯の変動性の範囲を示します。軸の演算に関する詳細は Appendix A で説明します。
< Show Limits > はインターバルの分類範囲を表示、または隠します。< Use Colocolor > はインターバルに対応する 'age' に従ってポイントをコード化します：赤は初期のインターバル、緑は中期のインターバル、青は最近のものを表わします。これによって、そのRRインターバル群が確率的なものか (ポインカラーのカラープロットがランダムに混在)か、傾向(カラーの集積化)を示す指針かの情報が得られます。< Join Points > はポイントを連続的に線で描画します。

ポインカラー内のポイントをクリックすると、それに対応するインターバル組が Chart ビューに表示します。

ペリオドヒストグラム

ペリオド (周期) ヒストグラムウィンドウ (図 3-3) はノーマル化RR (NN) インターバルの長さの周波数分布です。このヒストグラムとデルタ NN ヒストグラムのビン幅は、解析設定ダイアログボックスで変更できます。

図 3-3
ペリオドヒストグラムウィンドウ

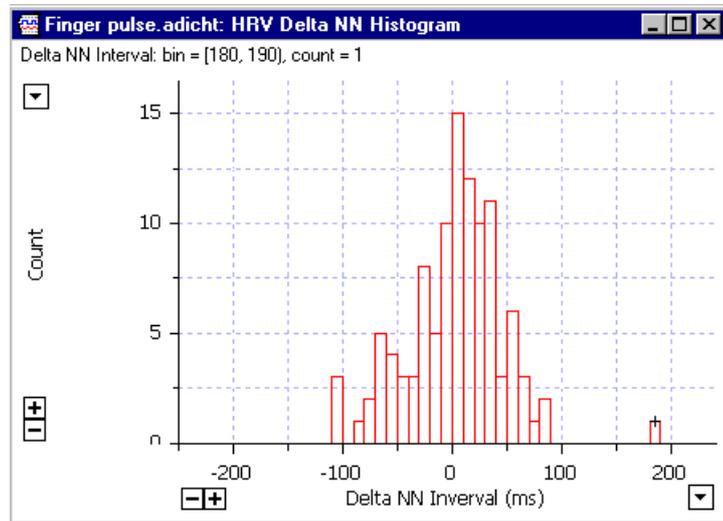


デルタNNヒストグラム

デルタ NN ヒストグラムウィンドウ (図 3-4) は各ノーマル化 RR インターバルと、その継承インターバル間の相違を周波数分布で表したものです。このヒストグラムとペリオドヒストグラムのビン幅は解析設定ダイアログボックスで変更できます。

図 3-4

デルタ NN ヒストグラムウィンドウ：継承インターバル間に大きな相違 (~180 ms) がヒストグラムの右に離れて確認できます。



タコグラム

タコグラムウィンドウ (図 3-5) は、RR インターバルの長さをインターバル番号に対してプロットします。ノーマル化されたインターバルだけで無く、全 RR インターバルがプロットされます。タコグラムは通常誤認知された R 波の良い指針となります—図 3-5 に示すように誤って認知されたピークは急激な下落となって表示します。誤って認知された真性の R 波はシャープなピークとなって表示します。

ノーマルビート、エクトピクス、アーチファクト間のインターバルの分類範囲が水平線で表示し、プロットの右に数値も出ます。水平線をドラッグすればインターバルの分類範囲が変更でき、プロットと解析設定ダイアログボックスに表示する数値も、その変更に対応して変わります。

タコグラムウィンドウがアクティブの時は、Chart メニューバーの View メニューには < Show Comments >、< Show Limits >、< Use Color > のオプションが付きます。

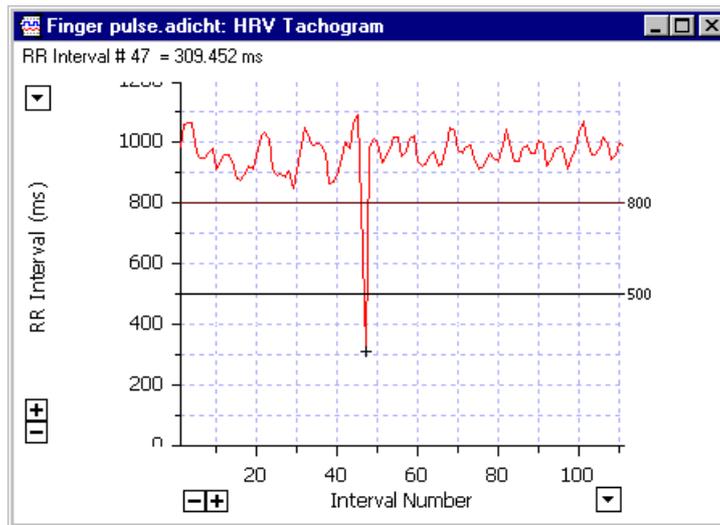
< Show Comments > は解析領域内の Chart ビューコメントをタコグラムに表示します。これには R 波上の自動コメントは含まれません。同じコメントがレポートウィンドウにも表示します。

< Show Limits > はインターバルの分類範囲線を表示、又は隠します。< Use Colocolor > はインターバルに対応する 'age' に従ってポイントをコード化します：赤は初期のインターバル、緑は中期のインターバル、青は最近のものを表わします。

タコグラムのポイントをクリックすると、それに対応するビートが Chart ビューの中央に表示します。

図 3-5

タコグラムウィンドウ：RR インターバルに対するビート番号をプロット。R 波と誤認知されたピークは、タコグラムでは急落した表示となります



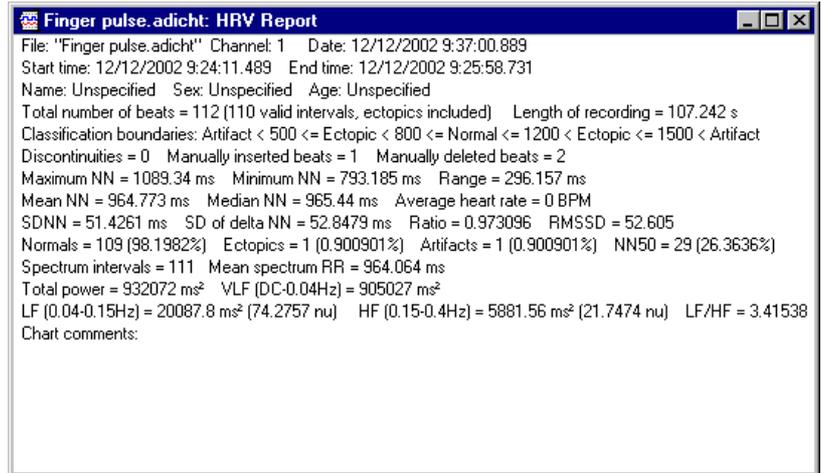
レポート

レポートウィンドウはファイルや記録したデータに関する情報、被検者の詳細、HRV 解析の統計データ、解析領域内の Chart ビューコメント（R 波上のコメントは除く）を表示します。レポートの項目はデータパッドのパラメータ（データパッドの統計データ、40 ページ）としても利用できます。

レポートウィンドウがアクティブな時は、Chart メニューバーの View メニューには < Show Comments > オプションが付きます。このオプションは、解析領域内の Chart ビューコメントをレポートウィンドウに表示します。これには R 波上の自動コメントは含まれません。同じコメントがタコグラムウィンドウにも表示します。

レポートの項目は常に現行の HRV 解析に対応しますので、' Start Time 開始時間 ' や ' Length of recording 記録時間帯 ' の様な項目は HRV 解析領域と関連し、実際に記録した Chart での時間は必要なくなります。インターバルに関係する統計データの殆どは、ノーマル化 RR (NN) インターバルに基づいています。多くの項目は独立しており、下にその要約を載せます。

図 3-6
レポートウィンドウ



- Maximum NN : 最長ノーマル化 RR インターバルの時間帯
- Minimum NN : 最短ノーマル化 RR インターバルの時間帯
- Range : 最長 NN と 最短 NN 間の差
- Mean NN : ノーマル化 RR インターバルの平均
- Median NN : ノーマル化 RR インターバルの中間
- Average heart rate : 解析領域での平均心拍数を1分当たりのビート数で表し、 $60\,000 / \text{Mean NN}$ から求める。
- SDNN : ノーマル化 RR インターバルの標準偏差。
- SD of delta NN : 隣接 NN インターバル間の差の標準偏差。
- Ratio : SDNN とデルタNNのSD との比。
- RMSSD : 隣接 NN インターバル間の差の二乗平均の二乗根。
- NNxx : xx ms 以上異なる隣接 NN インターバルのペア数。
xx の数は解析設定ダイアログボックスの ' dNN > ' 欄に入力した数です。この基準以下のインターバルであれば、長さには無関係

係にペアに含まれます。

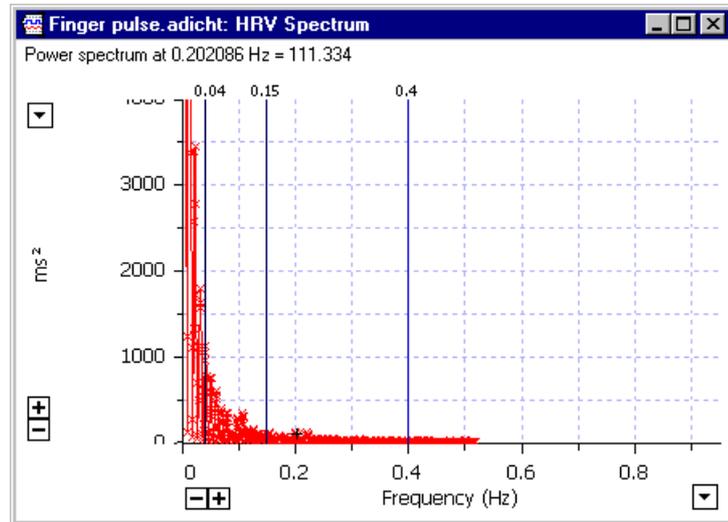
- Spectrum intervals : HRV スペクトラム (下記参照) の演算で用いる RR インターバルの数。
- Mean spectrum RR : スペクトラムの演算で用いる RR インターバルの平均。
- Total power : 今ある解析領域でのトータルパワーで単位は m^2s の絶対値で表されます。
- VLF, LF and HF : これらのスペクトラム帯域 (極低域周波数、低域周波数、及び高域周波数) は解析設定ダイアログボックスで入力した数値で規定されます。各帯域のパワーは絶対値で ms^2 の単位で表されます。また、ノーマル化の単位 ' normalized units ' は $nu = (\text{絶対値パワー}) \times 100 / (\text{トータルパワー} - \text{VLF パワー})$ 。
- LF/HF : 低域周波数帯と高域周波数帯での絶対パワーの比。

スペクトラム

端的に言えば、HRV スペクトラムウィンドウは時間ベースのタコグラムのパワースペクトラムを表示します。しかしスペクトラム演算で用いる RR インターバル集団は一般的に、生の RR インターバル集団とノーマル化インターバル集団とは異なります。(理由は HRV メニューに < Save Spectrum RR as Tex... > の別メニューがあるからです)。また、スペクトラムインターバルはそれらの平均の長さに基づき '再サンプリング' し、スペクトラム FFT の演算を簡略化します。HRV スペクトラムの演算の詳細は Appendix A の技術的な技法 45 ページに載っています。スペクトラムの解釈は研究の主要な領域です。通常スペクトラムは解析用に三つの帯域に分けます (Appendix D 参照 5)。

- VLF (極低域周波数) 帯では 0.04 Hz から DC までの帯域をカバーします。この帯域は通常は規定できませんが、心拍数の体温調整の様な長期間の因子を対象とします。
- LF (低域周波数) 帯は 0.04 ~ 0.15 Hz をカバーし、LF パワーの増加は交感神経の活性化を示します。
- HF (高域周波数) 帯は 0.15 Hz 以上で、迷走神経活動が心拍数に及ぼす速い変動が対象となります。人の呼吸性の洞性不整脈がしばしば 0.18 ~ 0.4 Hz の範囲に認められます。

図 3-7
HRV スペクトラムウィンドウ、ドラッグ可能な垂直線はスペクトラムの LF と HF 帯域を示します。



これらの帯域の範囲は解析設定ダイアログボックスでセットできますし、HRV スペクトラムウィンドウで垂直境界線をドラッグすれば変更します。

HRV スペクトラムウィンドウがアクティブな時は、Chart のメニューバーの View メニューには < Show Spectrum Bands > と < Show as PSD > オプションが付きます。Show Spectrum Bands > でスペクトラム帯域の垂直境界線を表示、又は隠します。< Show as PSD は絶対値パワー (ms^2 の単位) ではなく、パワースペクトラム密度 (単位は $\text{ms}^2 \times 1000 / \text{Hz}$) としてパワースペクトラムを表します。

時系列を編集する

結果を補正するには、各 R 波の認知は1度だけとする事が重要です。問題の多くは R 波検出の不正確なトリガー機能に起因し、トリガーの設定を調整することでこれは回避できます。

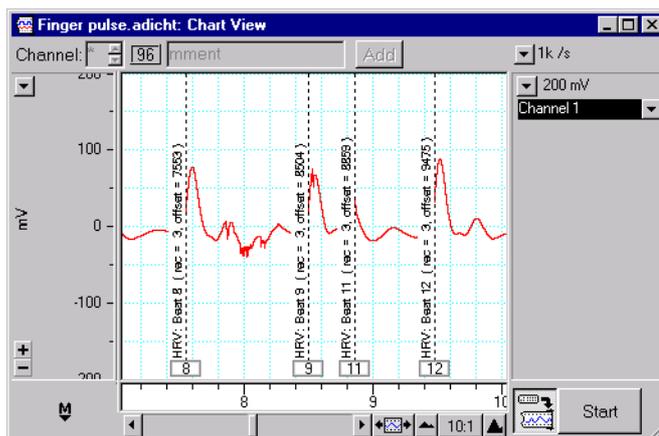
問題を見つける

- 誤認知 R 波や見逃した真性の R 波を見分けるには、タコグラムを使います (タコグラム、31 ページ) 。
- デフォルトでコメントは、Chart ビューの検出した各 R 波の位置

に挿入されます (コメントが表示しなければ、HRV メニューから < Show Comments on R Waves > を選んで下さい)。

図 3-8

Chart ビューのコメントは検知する度に R 波を認知します: コメント#11は正確トリガーを表示しているのが判ります



検出設定を再調整する

R 波検出セッティングダイアログボックスの検出閾値を上げる事で、不必要な検出ピークが回避できます。同様に、検出閾値を下げれば見逃した真性ビートを検出する事ができます。何れの場合も、HRV メニューから < Recalculate > を選んで HRV 統計データと解析ウィンドウを更新して下さい。

しかし時には不必要な検出ビートを取り除けなかったり、検出閾値を調整しても見逃したビートを検出できない場合があります。これは過度の調整によってそれ以外の検出、非検出ビートに影響を与えない為です。このような場合はマニュアルで R 波を取り除くか追加します。HRV モジュールではこの為に二つのコマンド < Add R Wave... > と < Delete Short Artifacts... > を提供しています。

R 波を追加する

記録データのどのポイントにも R 波が追加できます (今ある HRV 解析領域外に追加すると、生データが一貫性を欠いた解析となり警告を受けます)。

- Chart ビューで検出されない真性ビートの位置を選んで下さい (図 3-9)。

- HRV メニューから < Add R Wave... > を選びます。
- メッセージで作成される二つの新規インターバルの長さを知らせ、確認を促します (図 3-10)。
- 新規 R 波が Chart ビューに追加され、R 波上のコメントはそれに対応した番号に変わります (図 3-11)。
- HRV 解析ウィンドウの統計データは自動的に更新します。

図 3-9
R 波の追加：まず Chart ビューで位置を選びます

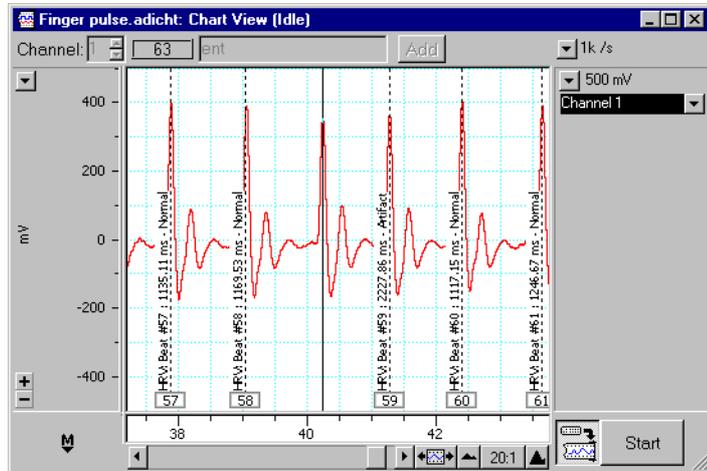


図 3-10
R 波を追加：メッセージで追加される影響を説明

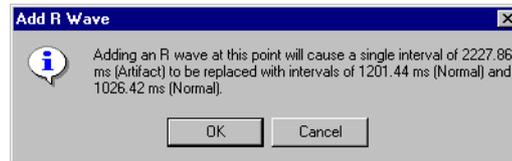
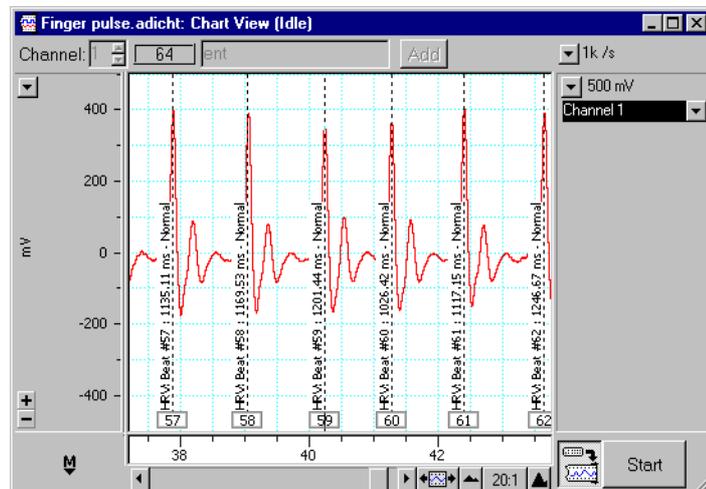


図 3-11
R 波を追加後に、R 波上のコメント番号は更新されます。



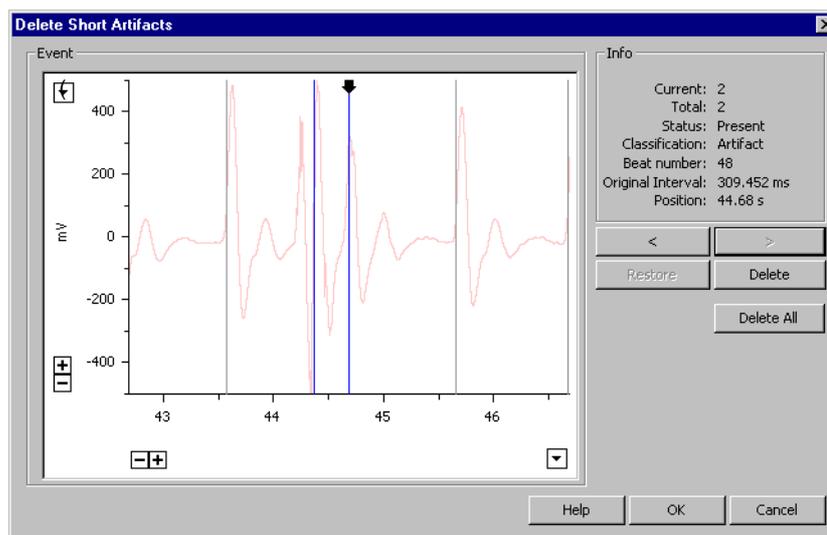
短期アーチファクトを削除

極短い RR インターバルはノイズやアーチファクトが、R 波ディテクターでトリガーされて生じる場合があります。HRV モジュールではマニュアルで ' 短期アーチファクト ' を生じる可能性がある R 波の一端を取り除くことができます。

- 誤認知された R 波を削除するには、HRV メニューから < Delete Short Artifacts... > を選んで下さい。
- Delete Short Artifacts ダイアログボックス (図 3-12) が出ます。

図 3-12

Delete Short Artifact (短期アーチファクト削除) ダイアログボックス : 削除するビートの候補は濃青の線で示され、現在選ばれているビートに黒の矢印が出ます



< Event >: イベントディスプレイ欄で、ビートは次のようにカラーでコードされます :

- グレー : R 波ディテクターで検出されたビート
- 濃い青 : 削除候補のビートで ' 短期アーチファクト RR インターバル ' の一端
- 黒矢印 : 現行で選択されている ' ビート候補 '
- 薄い青 : 削除されたビート候補

イベントディスプレイ欄には大部分の HRV 解析ウィンドウに関係する水平垂直軸コントロールが付いており、これは Chart ビューの振幅軸のコントロールと同様に働きます。

< Info > : インフォパネルの表示は :

- 現在選択されている ' ビート候補 ' の数
- 削除するビート候補のトータル数
- 現在選択されているビート候補の状態 (現存か削除)
- 現在選択されているビートに先行するインターバルの分類
- 現在選択されているビートのビート番号
- 現在選択されているビートに先行するインターバルの長さ
- HRV 解析領域の始点から現在選択されているビート迄の時間

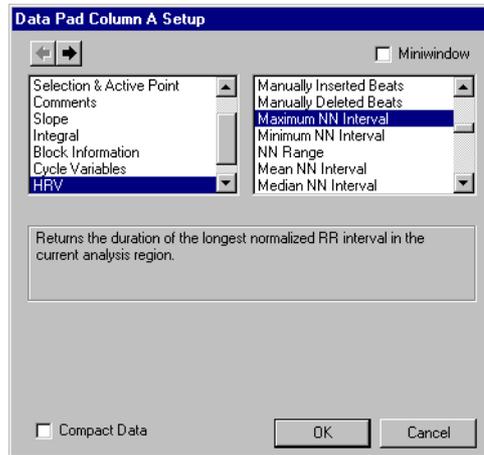
< Buttons > : インフォパネルの下のボタン操作で、前に進む、後に戻す、ビート候補の削除、元に復帰、総てのビート候補を削除できます。削除するビート候補は近傍のペアに生ずる場合が多いのですが、削除するのはペアの一方だけです。

- 次のビート候補に移動するには > ボタンをクリックします。
- 前のビート候補に移動するには < ボタンをクリックします。
- 現在選択されているビートを削除するには < Delete > をクリックします。
- 削除したビートを復帰 (削除を取り消し) するには、< Restore > をクリックします。ビートマーカの色は薄い青から濃い青に変わります。
- 総てのビート候補を削除するには、< Delete All > をクリックします。誤ってこの操作をした場合は、< Cancel > をクリックし、Delete Short Artifact ダイアログボックスを再度開いて下さい。
- 操作が終了したら、< OK > で削除します。HRV 解析ウィンドウの統計データは自動的に更新されます。

データパッドの統計データ

演算され HRV レポートウィンドウに表示される総ての統計データは、HRV モジュールがロードされていればデータパッドのパラメータとしても利用できます。利用できる各パラメータとその説明は、Appendix C に載っています。パラメータを選ぶと、これと同じ説明文がデータパッドコラムセットアップダイアログボックスに表示します。データパッドの詳細説明は、Chart ユーザーズガイドを参照して下さい。

図 3-13
データパッドコラムセット
アップダイアログボック
ス、HRV モジュールで追
加したパラメータを示して
います



テキストとしてデータをエクスポートする

データパッドから特定のHRV パラメータをエクスポートできるのと同様に、HRV モジュールではテキストとして下記のものもエクスポートできます：

- ・ HRV レポートウィンドウの内容
- ・ 生 RR インターバル (ポインカレープロットやタコグラムに使用している)
- ・ ノーマル化 RR インターバル (ペリオドヒストグラム、デルタ NN ヒストグラム、及びレポート/データパッド統計データ)
- ・ スペクトラム RR インターバル (HRV スペクトラムの演算で使用している)

HRVレポート

- ・ テキストファイルとしてHRVレポートウィンドウの内容をエクスポートするにはHRV メニューから < Save Report as Text... > を選んで下さい。標準のセーブダイアログボックスが表示します。

RRインターバル

(生の) RR インターバルテキストファイルの各行にはインターバル番号、インターバル時間帯を ms で、インターバルの分類 (ノーマル、エクトピクス (low)、エクトピクス (high)、アーチファクト (low)、アーチファクト (high)、及びブロック番号が付きま

- テキストとして RR インターバルの表をエクスポートするには、HRV メニューから < Save RR as Text... > を選んで下さい。
- 表示するダイアログボックスで、保存場所、ファイル名、ファイル形式、及びテキストファイルの行に使う範囲 (コンマ、タブキーやスペースキーを使って) を選んで下さい。

ノーマル化RR(NN)インターバル

ノーマル化 RR インターバルの各行にはインターバル番号、ms でインターバル時間帯、インターバルの分類 (ノーマル、又はエクトピクス)、及びブロック番号が付きます。エクトピクスは解析設定ダイアログボックスで除外されたか、場外されてい無いかで ' Ectopic (interpolated 補間処理) ' か ' Ectopic (raw 生) ' かの区別が出ます。

- テキストとしてノーマル化 RR インターバルの表をエクスポートするにはHRV メニューの< Save Normalized RR as Text... > を選んで下さい。
- 表示するダイアログボックスで、保存場所、ファイル名、ファイル形式、及びテキストファイルの行に使う範囲 (コンマ、タブキーやスペースキーを使って) を選んで下さい。

スペクトラムRRインターバル

ノーマル化 RR インターバルの各行にはインターバル番号、ms でインターバル時間帯、インターバルの分類 (ノーマル、エクトピクス、又はアーチファクト)、及びブロック番号が付きます。エクトピクスは解析設定ダイアログボックスで除外されたか、されていないかで ' Ectopic (interpolated 補間処理) ' か ' Ectopic (raw 生) ' かの区別が出ます。アーチファクトは常時 ' Artifact (interpolated 補間処理) ' です。

- テキストとしてスペクトラム RR インターバルの表をエクスポートするにはHRVメニューで < Save Spectrum RR as Text... > を選んで下さい。
- 表示するダイアログボックスで、保存場所、ファイル名、ファイル形式、及びテキストファイルの行に使う範囲 (コンマ、タブキーやスペースキーを使って) を選んで下さい。

HRVウィンドウをコピーする

HRV 解析ウィンドウの内容をクリップボードにコピーし、それを画像として別のアプリケーションにペーストできます。

- コピーしたいウィンドウをアクティブにして選択します。
- 編集メニューの < コピー... > コマンドに、そのウィンドウ名が入ります。そのコマンドを選ぶか、 < Ctrl+C > を入力すると、そのウィンドウが画像としてクリップボードにコピーされます。
- コピーした内容を必要なアプリケーションにペーストします。

レポートウィンドウの内容は常時テキストとしてペーストできます。それ以外のウィンドウの内容は（即ち、プロットの中身）画像として必要なアプリケーションにペーストできます。Microsoft ワードの様なアプリケーションによっては、選択でどちらかの形式でペーストできます。

HRVウィンドウを印刷する

どのHRV 解析ウィンドウの内容でも印刷できます。

- 印刷したいウィンドウをアクティブにして選択します。編集メニューの < 印刷... > コマンドにそのウィンドウ名が入ります。
- 必要なら、ファイルメニューから < 印刷プレビュー > を選んで印刷されるページを確認して下さい
- 印刷コマンドを選ぶか、 < Ctrl+P > を入力して印刷します。
- ページレイアウトダイアログボックスが表示しますので、サイズと印刷ポジションを調整して < OK > をクリックします。

印刷プレビューとページ設定ダイアログボックスの詳細情報は、Chart のオンラインヘルプか Chart ユーザーズガイドを参照して下さい。

レポート全体を印刷する

総ての HRV 解析ウィンドウのプロットをはじめ、HRV レポートウィンドウからのテキストなどレポート全体が印刷できます。

- レポート全体を印刷するにはHRVメニューから < Full Report... > を選んで下さい。

A

技術的な考察



ここでは HRV モジュールで用いるアルゴリズムの技術的な説明を行います。R 波のイベントタイムロケーション、異なる RR インターバル集団の演算、ポインカレプロット内の楕円変動の演算、及び HRV スペクトラムの演算を解説します。

R波イベントタイム

HRV モジュールでは、三つの方法で R 波イベントのタイムポジションがセットできます：検出閾値を横切ったタイム、検出閾値を横切った後の次の最大値タイム、検出閾値を横切った後の次のゼロを越えたタイム。R波イベントタイムの演算に用いる数値は、次に説明するように補間処理で決定されます。

<Threshold>/< Zero after threshold >

R 波ディテクションセッティングダイアログボックスの < Position of event > 欄で < Threshold >、又は < Zero after threshold > オプションを選ぶと、閾値またはゼロを越えたどちらか側のサンプルポイントの間をリニアな補間処理でイベントタイムを決定します。

<Maximumafterthreshold>

< Position of event > 欄で < Max after threshold > を選ぶと、HRV モジュールでは閾値を通過した後の波形がピークを示す時間まで追跡します。ピークとして判別し得るサンプル値は、そのシグナルがピーク値の90% まで一様に減少することが条件となります。

閾値に続くピークが検出されると、サンプルポイントに基づくそのタイムは3点二次補間処理で調整され、R 波イベントタイムとします。ピークのタイムを t とし、サンプリングインターバルを Δt とすると、最終 R 波のイベントタイムは $t + dt$ で、次の式で表されます：

$$dt = \frac{0.5(y(t - \Delta t) - y(t + \Delta t))}{y(t - \Delta t) + y(t + \Delta t) - 2y(t)}$$

RRインターバル群

HRV モジュールでは生の RR インターバル群を演算に使う場合と、処理したインターバル群を使う場合があります。使用するのは、生 RR、ノーマル化 RR (NN とも表記される)、及びスペクトラム RR の三種類です。

生 RR インターバル

生 RR インターバルは一つのブロック内の連続するビートインターバルで算出されます。HRVモジュールでは、複数のブロックに含まれ

るデータは解析できますが、RR インターバルはブロックの境界を越えては演算されません。これは解析領域内のどのブロックにもビートが存在すれば、一つ以上のRRインターバルが存在することを意味します。

生インターバルは、タコグラムとポインカレプロットウィンドウの作成に使われます (しかしポインカレプロットウィンドウで表示する平均と楕円は、ノーマル化 RR インターバルから算出されますので注意)。生インターバルは HRV メニューの < Save RR as Text > コマンドを使って抽出できます。

ノーマル化 RR インターバル

スペクトラムの演算を除けば、HRV 解析は総てノーマル化 RR や 'NN' インターバルとして知られる生 RR インターバルをフィルター処理したサブセットに基づいています。この集団を作成するのに、HRV では最初、総てのインターバルを解析セッティングダイアログボックスのインターバル分類基準に基づいて、アーチファクト、エクトピクス、ノーマルに分類します。次に：

- 総てのノーマルを含めます。
- < Exclude ectopics > チェックボックスが非選択なら、全エクトピクスインターバルをその無修正集団に含めます。
- < Exclude ectopics > チェックボックスが選択されてれば、エクトピクスインターバルはそのブロック内で先行し、続いて起こる最近傍のノーマルインターバルに置き換わります。先行し続いて起こるノーマルインターバルが見られない場合は、エクトピクスインターバル (必要に応じ左右総ての) は無効となります。
- 総てのアーチファクトインターバルは無効です。

この方法を次のような表記法を使って例証します：

! ビート
N ノーマルインターバル
I 補間処理インターバル
E エクトピクスインターバル
A アーチファクトインターバル
- ブロック境界
{ } 空白群

エクトピクスは除外されて (左のインターバル集団はブロック全体のデータを表わすとして)：

|N|A|N| は |N|N| に
 |N|E|N| は |N||N| に
 |E|N|N| は |N|N| に
 |N|E|E|N| は |N|||N| に
 |E|E|A|E| は {} に
 |A|N|N|N| は |N|N|N| に
 |N|E|-|E|N| は |N|-|N| に
 |N|A|E|N|-|A|N| は |N||N|-|N| に

ノーマル化 RR インターバルはペリオドヒストグラムとデルタ NN ヒストグラムの作成に使われ、またレポートウィンドウの大部分の統計データにも用いられます (データパッドのレポート統計データの説明から判る様に: Appendix C データパッドのパラメータ、65 ページ 参照)。HRV メニューの < Save Normalized RR as Text > コマンドを使えば、ノーマル化 RR インターバルは HRV モジュールから抽出できます。

ポインカレープロットの楕円

ポインカレープロット (29 ページ) では、そのプロットにノーマル化 RR インターバルの平均を、心拍数変動の現在量を示す楕円と一緒に表示するオプションが付きます。短軸の長さは短期変動量を示し、長軸の長さは長期変動量を示します (Appendix D の 9 を参照)。楕円の長軸はプロット的一致線と直線上にあり、半短軸の長さ SD1 と半長軸の長さ SD2 は次の様に表されます:

$$SD1^2 = \frac{1}{2}SD_{NN}^2$$

$$SD2^2 = 2SD_{NN}^2 - \frac{1}{2}SD_{NN}^2$$

SD_{NN} と SD デルタ NN はノーマル化 RR インターバルから算出され、HRV レポートウィンドウ (33 ページ) やデータパッドの統計データ (40 ページ) として使用できます。

HRV スペクトラム

身体的な現象は時間、又はその逆数の周波数に準じて説明できます。時間変域や周波数変域での現象を説明する関数は、有効な等式で何らかの線形変換を使って切り替えができます。どの周波数が RR インターバルの変動を決定するのに主要なかが判るので、HRV スペクトラムの演算は有益です。

スペクトラムRRインターバル

HRV スペクトラム演算の最初のステージは、その演算に用いる RR インターバル群の作成です。RR インターバル群はノーマル化 RR (NN) インターバル群と同類ですが、アーチファクトインターバルは無効とはならず、近傍のノーマルインターバルから補間処理される点が異なります。即ち：

- ノーマルは含まれる
- エクトピクスは含まれるか、解析セッティングダイアログボックスでエクトピクスが除外となっていれば、近傍のノーマルインターバルから補間処理されます。
- アーチファクトは、近傍のノーマルインターバルから補間処理されます (除外エクトピクスとして扱われます) 。

' RR インターバル群 ' (46 ページ) で導入した表記法を使って、次の一連のインターバルを変換すると：

```
IN|AIN| は IN|:|IN| に  
|A|N|N|N| は |N|N|N| に  
IN|A|E|IN| - |A|N| は IN|:|:|:|N| - |N| に ( エクトピクス  
は除外されたと見なす ) 。
```

スペクトラム RR インターバルは、HRV スペクトラムウィンドウとレポートウィンドウの全スペクトル統計データの作成に使われます。HRV メニューの < Save Spectrum RR as Text > コマンドを使えば、スペクトラム RR インターバルは HRV モジュールから抽出できます。

再サンプリング

スペクトラム演算の目的は、スペクトラム RR インターバルを離散サンプル群に変換する為です。これにはまず、平均スペクトラム RR インターバルを算出します。次に、スペクトラム RR インターバルをこの長さのタイムインターバルで内部的に再サンプル処理し、一連のインターバルを別途に表記します。最後に平均スペクトラム RR インターバルを各再サンプル値から差し引いて、DC 周波数成分を ' detrend '、又は取り除きます。

再サンプリング処理には色々な方法があります (Appendix D の 4 ' Computers in Cardiology '、ページ 715 と 719 を参照)。HRV モジュールはその中の最も簡単なものの一つを使っています。

より洗練された再サンプリング処理法が、必ずしも良い結果をもたらすとは限りません。

スペクトラムの演算

スペクトラムの演算は三つのステージから成っています：

- HRV 解析領域の各ブロックを（全体か部分的に）データセグメント（解析セッティングダイアログボックスで設定した FFT Size のサイズを使って）に分割します。高速フーリエ変換（下記参照）を使って、ブロック内のデータセグメント毎にスペクトラムは演算されます。
- 各ブロック毎のスペクトラムは、全データセグメントのスペクトラムから加重平均して算出され、データセグメント毎のウィンドウ処理関数のパワーに準じて補充され、割り当てられます（下記参照—効果的なウィンドウ処理関数がない場合は、データセグメントの相対サイズで加重処理されます）。平均処理によって、選択範囲のパワーの精度が向上します。
- 解析領域全体のスペクトラムはブロックスペクトラムの加重平均から算出され、各ブロックに生ずるスペクトラム RR インターバルの総数の端数が補充され、割り当てられます。

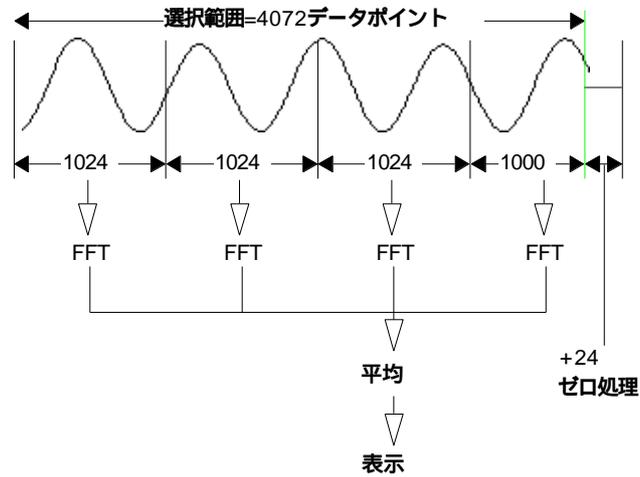
データセグメント

HRV はデータをセグメントに分割し、各セグメント内のデータポイント数を二つのパワーに等分します（アルゴリズムの必要条件）：これが解析セッティングダイアログボックスに表示する FFT Size です。解析領域のデータポイント数が FFT の全体数で割り切れない場合（通常そうですが）は、残りをゼロ処理して、高速フーリエ変換を導入する前にその選択範囲の残余データポイントの右端に付加します。

HRVのFFT 実施要項

ここでの説明は簡単にしますが、詳細は書物（Appendix、7）を参考にして下さい。HRV は平均スペクトラム RR インターバルで設定される分散インターバルでサンプルを採ります。連続するスペクトラム RR インターバルのサンプル数を N 個、 N を偶数とします（簡略の為）。平均スペクトラム RR インターバルを Δ とすると、サンプルを k 個取る時間は $h_k = h(t_k)$ の式で定義できます。ここで $t_k = k\Delta$ 、 k は $0, 1, 2, \dots, N-1$ と続く数です。この式では、サンプル RR インターバルが全体の波形を反映していると仮定します。即ち、ある種の周期性が

図 A-1
FFT サイズ 1024 のデータセグメント.



あると想定します。これらの N 分散スペクトラム RR インターバル数はまず、各数から Δ を差し引いて 'detended 緩和処理' します (これで DC 成分を除去します)。次に、FFTが緩和処理したスペクトラム RR インターバル数を N 分散サンプル数に周波数変換し、 H_n 周波数振幅を持たせます。周波数は分散値 $f_n = n / N\Delta$ を割り当てることができます。ここで n は $-N/2, \dots, N/2-1$ と続く数です。

N ポイントの分散フーリエ変換部 $h_k - \Delta$ は、次のように定義できます：

$$H_n = \sum_{k=0}^{N-1} (h_k - \Delta) e^{2\pi i k n / N}$$

この変換では N 複合数 $h_k - \Delta$ を、 N 複合数 H_n に移します (例えば HRV で扱うような身体的な事象からデータを計る場合は、 h_k の虚数部分はゼロと想定して実数として扱います)。 H_n は周波数の変数で、水平軸は $1/\Delta$ の単位で読み取る周期を表わします。 $n=0$ で周波数はゼロに、 $1 \leq n \leq (N/2)-1$ で周波数は正になります。 n がゼロ以外の時は $H_{-n} = H_{N-n}$ で表されるこの関数は、対称性で且つ周期性を示します。

真の n 番目の周波数成分と仮想の周波数成分を各々、 $\text{Re}(H_n)$ と $\text{Im}(H_n)$ とすると、 n 番目のスペクトラムの周波数成分は次の様に表わされます：

$$P(n) = (\text{Re}(H_n)^2 + \text{Im}(H_n)^2)$$

正と負の周波数成分を加えた $p(m)$ は、 m 番目のスペクトラム周波数成分です：

$$p(0) = P(0)$$

$$p(m) = \frac{P(m) + P(N-m)}{N} \quad 1 \leq m < \frac{N}{2}$$

$$p\left(\frac{N}{2}\right) = P\left(\frac{N}{2}\right)$$

HRV スペクトラムでは、 $p(m)$ は ms^2 (ミリ秒の二乗) の単位で表されます。スペクトラムの垂直軸はまた、PSD (パワースペクトラム密度) として $\text{ms}^2 \times 1000/\text{Hz}$ の単位で表されます。パワースペクトラム密度は次の様に演算されます：

$$\text{PSD} = \frac{p(m)}{1000 \times \text{binwidth}}$$

ここでビン幅は Hz で測定されます。周波数変数の分解能 (ビン幅) は、平均スペクトラム RR インターバルの逆数 $1/\Delta$ とスペクトラム RR インターバルの N 数に依存します。 N の数を大きくするとスペクトラムの予測に誤差が増します。 N の数を小さくするとスペクトラム予測の精度は増しますが、周波数の分解能は下がります。

ウィンドウ処理関数

FFT では実際に入力データセグメントをフーリエ変換しているのではなく、無限に長い周期性の波形をフーリエ変換します。その結果、入力するデータセグメントは不断に反復すると仮定します。一般的に、この周期性波形は真の入力波形とは良い類似性を示しません。例えば、入力データセグメントの始点と終点が上手くつながらないと、周期性の波形にはズレが起こり、その結果スペクトラムに疑似スパイクが生じてしまいます。ウィンドウ処理関数は、データセグメントの端を平滑化処理してこの様な疑似ピークをゼロ処理したり、周波数変域の分解能を向上させます。ウィンドウ処理関数を使うと、オリジナルデータにウィンドウ処理関数 $w(k)$ が乗じられ加重処理されます：

$$H_n = \frac{1}{w_{\text{av}}} \sum_{k=0}^{N-1} w(k) h_k e^{ikn/N}$$

HRV スペクトラムでは4種類のウィンドウ処理関数、Cosine、Hann、Parzen、及び Welch で図 A-2 に示します (それ以外は Appendix D、7 を参照)。Welch ウィンドウは Chart のスペクト

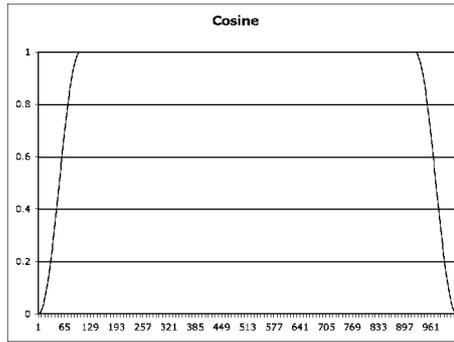
ラムウィンドウでも使用しています。ウィンドウ処理関数で減衰が認められれば、それを補正するのに、前に挙げた全パワー値 $P(n)$ に換算係数を掛けます。

$$\frac{N}{\sum_k w(k)^2}$$

ウィンドウ処理関数が真のデータに導入されると、ゼロ処理されるデータセグメントは、FFT のフルサイズの幅に合わせて調整されず。ウィンドウ処理関数は、ブロックの各データセグメントに対するスペクトラムの加重平均を決定する際にも用いられます。上述した様に、各スペクトラムは選択したウィンドウ処理関数のパワーを使い、そのデータセグメント全体を加重処理します（ウィンドウ処理関数のパワーはデータセグメント全体のウィンドウ関数値の二乗の総計です）。データセグメントが FFT サイズより小さい場合は、ゼロ処理する前にウィンドウ処理関数がデータセグメントを水平方向に圧縮させて調整します。従って、FFT サイズより小さいデータセグメントは僅かな加重処理しか受けません。

図 A-2

HRV モジュールで使用できるウィンドウ処理関数、関数はデフォルト FFT サイズ 1024 を使っています。関数式は標準幅 N の FFT で表しています



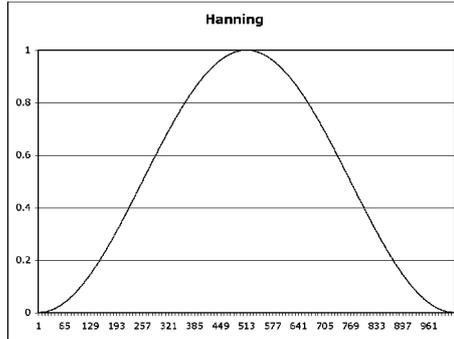
$$r(k) = 0.5 + 0.5 \cos \frac{\pi k}{m}$$

for $k = 0, 1, \dots, m-1$

$$w(k) = 1, \text{ for } k = m, \dots, N-m$$

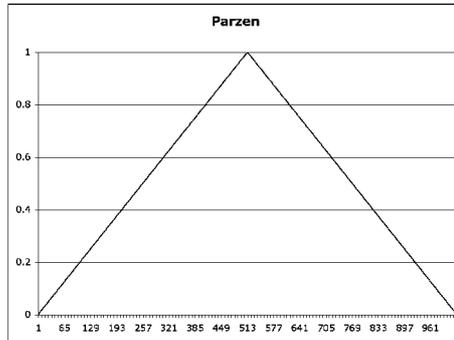
$$r(k) = 0.5 - 0.5 \cos \frac{\pi(N-k)}{m}$$

for $k = N-m+1, \dots, N-1$



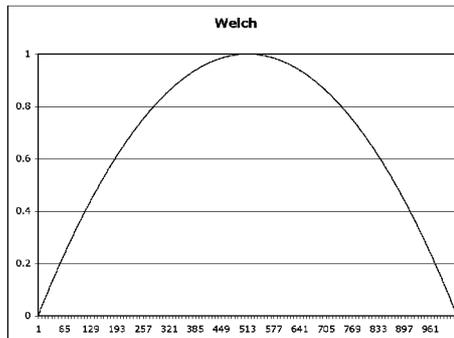
$$r(k) = 0.5 - 0.5 \cos \frac{2\pi k}{N-1}$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1$$



$$v(k) = 1 - \left| \frac{k - 0.5(N-1)}{0.5(N+1)} \right|$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1$$



$$v(k) = 1 - \frac{(k - 0.5(N-1))^2}{0.5(N+1)}$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1$$

B

HRV 問題点とメッセージ



ここでは HRV モジュールを使う際に体験されると思われる問題とメッセージについて、その対処法を含めて解説します。

問題

HRV 解析をオンラインで実行したいが、スタートボタンをクリックしても HRV 解析ウィンドウにはデータが表示しない。

その原因として、次の三つの可能性があります：

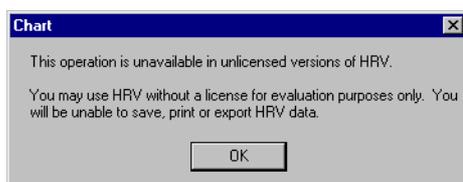
- HRV メニューから < Online > を選んでいない。
- インターバル分類範囲（解析セッティングダイアログボックス）が、記録される総てのビートがアーチファクトとして分類されており、従って総てのビートを解析から除外されている。
- R 波検出セッティングダイアログボックスの閾値が高すぎて、ディテクターでトリガされるビートが無い。

メッセージ

下に示す様なメッセージが HRV モジュールを使っている間に表示するかも知れません。その場合には、問題の短い要約文が付いたメッセージダイアログボックスの画面が表示し、どの様に対処すべきかを提起します。

ライセンス

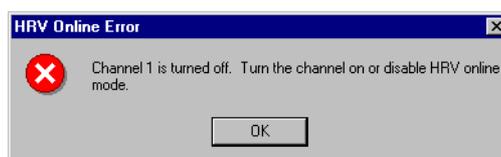
HRV のデータの保存、印刷、エクスポートができない。



- 未登録ライセンスの HRV モジュールでは保存、印刷、データのエクスポートはできません。ライセンスコードが判っておれば、ライセンスマネージャーダイアログボックス（編集メニューから < 設定... > を選択）に入力して下さい。ライセンスコードが判らなければ、購入された販売代理店までご連絡下さい。

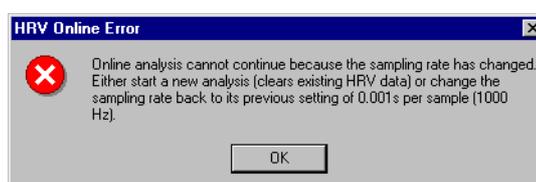
オンライン解析

オンライン解析するソースチャンネルはオンにする。



- ・ オフのチャンネルの入力データは HRV では解析できません。そのチャンネルをオンにして下さい。またはソースチャンネルを変更するか、オンライン解析モードを解除して下さい。

オンラインモードで既存の HRV 解析を継続するには、同じサンプリング速度にする必要があります。



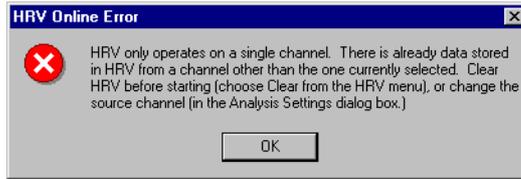
- ・ HRV 演算にはスペクトラム演算が含まれていますので、異なるサンプリング速度を含むデータは解析できません。前に使用したサンプリング速度と同じにするか、HRV メニューから < Clear... > を選んで別のサンプリング速度で、前に記録したデータを消去して下さい。

HRV 解析での推奨サンプリング速度は 1 kHz 以上です。



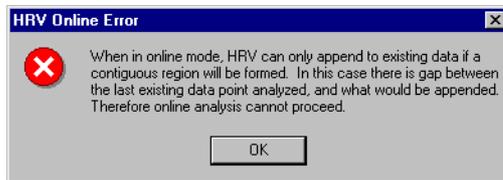
- ・ 人の HRV 解析で十分な RR インターバル分解能を得るには、サンプリング速度を 1 kHz にするのを推奨します。小動物では 2 ~ 5 kHz が望ましい筈です。必要なら、記録を開始する前にサンプリング速度を上げるか、必要なければメッセージは無視して、設定通りの速度で記録を始めて下さい。

オンラインモードで既存の HRV 解析を続ける場合は、既存の HRV データと同じチャンネルに新たなデータを収録する必要があります。



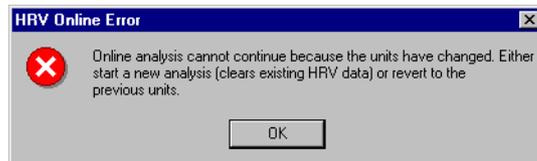
- ・ 今あるデータを消去するか (HRV メニューの < Clear... > コマンドで)、今あるデータを別ファイルに保存するか、解析セッティングダイアログボックスでデータのソースチャンネルを変更します。

オンラインモードで既存の HRV 解析を続ける場合は、今ある最後の解析ポイントと、新たに記録するデータとの間にギャップが無いことが必要です。



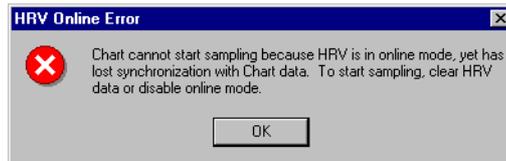
- ・ 今あるデータを消去するか (HRV メニューの < Clear... > コマンドで)、今あるデータを別ファイルに保存するか、解析領域を最後に記録したブロックの終点まで拡張して、HRV メニューから < Recalculate > を選びます。

オンラインモードで既存の HRV 解析を続ける場合は、新しいデータの単位と今あるデータとの単位が同じであることが必要です。



- ・ 今あるデータを消去するか (HRV メニューの < Clear... > コマンドで)、新たなデータの単位を変更し、今ある HRV データの単位と同じにします。

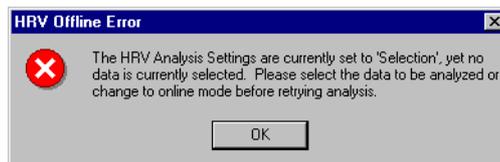
オンラインモードで既存の HRV 解析を続ける場合は、今ある解析したものと Chart データとが基本的に同期化する必要があります。



HRV 解析領域に内在する Chart データを削除すると同期化しません。オンライン解析の場合と同様に、今あるデータを消去するか (HRV メニューの < Clear... > コマンドで)、再演算し (HRV メニューから < Recalculate > を選び)、Chart データと HRV 解析との間の非連続性を取り除きます。

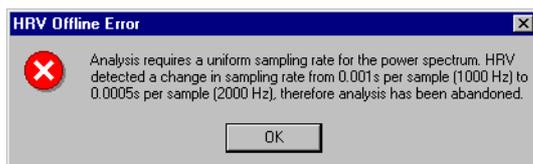
オフライン解析

オフライン解析用の選択範囲が設定されていない。



- 解析セッティングダイアログボックスのデータソースコントロールにある < Selection > オプションが選択されていますが、Chart ビューで選択範囲が設定されていない為です。Chart ビューで選択範囲を設定するか、データソースコントロールで < Whole Channel > オプションを選んで、次に HRV メニューから再度 < Calculate > か < Recalculate > を選んで下さい。

オフライン解析では、解析領域全体のサンプリング速度は一定である必要があります。



- HRV 演算にはスペクトラムの演算が「含まれますので、異なるサンプリング速度が含まれたデータは解析できません。サンプリング速度が一定なデータ領域を選択して下さい。

HRV はサンプルポイントの無いエリア（例えば、チャンネルを一時的にオフにした場合などで）を含む領域は演算できません。



- 水平軸を連続して記録されたデータポイントのデータソースに変更します。次に、HRV メニューから < Calculate > か < Recalculate > を選んで下さい。

オフライン解析では、解析領域全体で使用する単位は同じである必要があります。



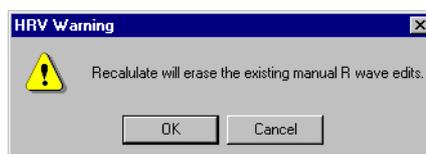
- 始めから終わりまで単位が一定なデータソースに変更するか、チャンネル全体、又は今ある選択範囲のデータと同じ単位にする。

HRV 解析ウィンドウから Chart データの一部にナビゲートするのに、Chart とHRV 解析とが同期化している必要があります。



- 何もアクションは必要ありませんが、非連続性を解除するために新規解析領域の設定と再演算 (HRV メニューから < recalculate> を選び) が必要です。

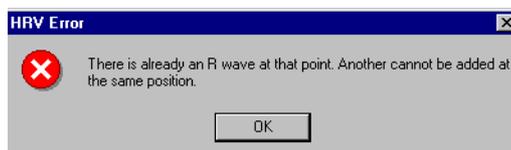
生データに R 波検出機能を使って再演算し、マニュアルで追加した R 波を無効にするか短期アーチファクトを削除します。



- 解析領域を変更するか、R 波の検出設定を変更した場合には再演算が必要となります。HRV 解析でマニュアル編集を保持したい場合には、R 波を追加した後や短期アーチファクトを削除した後では再演算をしないで下さい。

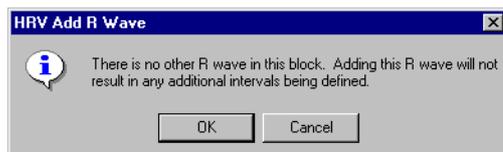
R 波を追加する

今あるサンプルポイントに R 波が追加できません。



- この現象は R 波を既に追加してしまったポイントに再度追加しようとしている時か、検出 R 波の補間処理したポジションと R 波を追加しようとしているポイントとが一致してしまった時に起こります。

RR インターバルはブロックの境界にはかからないので、R 波を今ない場所に追加しても新規インターバルは規定されません。



- ブロックの境界をまたぐ2ビート間のRR インターバルは演算できませし、一つのブロック内に1個のビートしか無ければRR インターバルは規定されません。別のビートが既にあるブロックにR 波を付加するか、今あるブロックに複数のR 波を追加してRR インターバルが規定できる様にします。

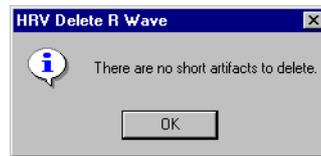
今ある HRV 解析領域外に R 波を付加すると、今ある HRV 演算の RR インターバルデータが非連続となります。



- 現行の解析領域外に R 波を付加すると 'Warning : HRV analysis is inconsistent with raw data because of manually inserted beats' (警告 : マニュアルでビートを挿入した為に、HRV 解析は生データと連続性がありません) がレポートウィンドウに表示します。解析領域を再設定し、HRV メニューから < Recalculate > を選んで、その解析領域内に R 波を付加して下さい。

短期アーチファクトを削除

削除する短期インターバルがありません。



- 解析セッティングダイアログボックスで設定した範囲よりも短い RR インターバルが、今ある解析領域内に有る場合に限り、HRV メニューから < Delete Short Artifacts... > を選ぶと、短期アーチファクト削除のダイアログボックスが表示します。

C

データパッドのパラメータ



ここではデータパッドで利用できる HRV パラメータの一覧と、その要約文が載っています。

データパッドのパラメータ

HRV レポートウィンドウで使用できる総ての統計データは、データパッドのパラメータとしても利用できます。パラメータ全体の一覧を下に示し、その要約も一緒に記載します (データパッドコラムセッティングダイアログボックスでパラメータを選択すると、同じ要約文が表示します)。

- Filename : 今ある解析に含まれているファイル名に返す。
- Channel : 今ある解析に含まれているチャンネルに返す。
- Date : 最後に演算したHRV 統計データの日時に返す。
- Start Time: 今ある解析領域の始点に返す。
- End Time : 今ある解析領域の終点に返す。
- Name : 被検者の名前に返す。
- Sex : 被検者の性別に返す。
- Age : 被検者の年齢に返す。
- Total Beats : 今ある解析領域で検出した R 波の数に返す。
- NN Intervals: 今ある解析領域のノーマル化 RR インターバルの数に返す。
- Ectopics Excluded: 今ある解析領域でエクトピクスが除外されると TRUE に返す ; それ以外では FALSE に返す。
- Length : 今ある解析領域の時間帯に返す (終点 - 始点) 。
- Artifact Short : RR インターバルを短期アーチファクトとして分類する長さの限度に返す。
- Ectopic Short : RR インターバルを短期エクトピクスとして分類する長さの限度に返す。
- Ectopic Long : RR インターバルを長期エクトピクスとして分類する長さの限度に返す。
- Artifact Long : RR インターバルを長期アーチファクトとして分類する長さの限度に返す。
- Discontinuities : 今ある解析領域のブロックの境界数に返す。
- Manually Insert 今ある解析領域にマニュアルで挿入したビート (R 波) の数に返す。
- Manually Deleted Beats 今ある解析領域でマニュアル削除したビート (短期アーチファクト) の数に返す。
- Maximum NN Interval: 今ある解析領域の最長ノーマル化 RR インターバルの所要時間に返す。
- Minimum NN Interval: 今ある解析領域の最短ノーマル化 RR インターバルの所要時間に返す。
- NN Range : 今ある解析領域のノーマル化 RR インターバルの範囲に返す (最大 NN インターバル - 最小 NN インターバル) 。

- Mean NN Interval: 今ある解析領域のノーマル化 RR インターバルの平均に返す。
- Median NN Interval: 今ある解析領域のノーマル化 RR インターバルの midpoint に返す。
- Average Heart Rate: 今ある解析領域全体の平均心拍数。
- SDNN : 今ある解析領域のノーマル化 RR インターバルの標準偏差に返す。
- SD Delta NN: 隣接する RR インターバル間の差の標準偏差。
- Ratio : 今ある解析領域の SDNN / SD Delta NN との比に返す。
- RMSSD : 隣接する RR インターバル間の差の二乗平均の平方根に返す。
- Normals : 今ある解析領域でノーマルとして分類された RR インターバルの数に返す。
- Normals %: 今ある解析領域でノーマルとして分類された RR インターバルの百分率に返す。
- Ectopics : 今ある解析領域でエクトピクスとして分類された RR インターバルの数に返す。
- Ectopics %: 今ある解析領域でエクトピクスとして分類された RR インターバルの百分率に返す。
- Artifacts: 今ある解析領域でアーチファクトとして分類された RR インターバルの数に返す。
- Artifacts %: 今ある解析領域でアーチファクトとして分類された RR インターバルの百分率に返す。
- XX : 隣接する RR インターバル間の差を 'large' と決定するのに用いる基準値に返す。
- NNXX : ユーザが規定した XX 基準以上長さが異なる、隣接する RR インターバルのペアの数に返す。
- NNXX% : ユーザが規定した XX 基準以上長さが異なる、隣接する RR インターバルのペアの百分率に返す。
- Spectrum Intervals: 今ある解析領域でスペクトラムの演算に用いる RR インターバルの数に返す。
- Spectrum RR Mean: 今ある解析領域でスペクトラムの演算に用いる RR インターバルの平均に返す。
- Total Powe 今ある解析領域のスペクトラムの総パワーに返す。
- VLF Upper Bound : 今ある解析領域でのスペクトラムの極低域周波数帯の上限に返す。
- VLF Power : 今ある解析領域でのスペクトラムの極低域周波数帯のパワーに返す。
- LF Upper Bound : 今ある解析領域でのスペクトラムの低域周波数帯の上限に返す。
- LF Power : 今ある解析領域でのスペクトラムの低域周波数帯の

パワーに返す。

- LF Power (nu): 今ある解析領域でのスペクトラムの低域周波数帯でのノーマル化単位でパワーに返す。ノーマル化単位のパワー $nu = (\text{絶対値パワー} \times 100 / (\text{総パワー} - \text{VLF パワー}))$ 。
- HF Upper Bound : 今ある解析領域でのスペクトラムの高域周波数帯の上限に返す。
- HF Power : 今ある解析領域でのスペクトラムの高域周波数帯域のパワーに返す。
- HF Power (nu): 今ある解析領域でのスペクトラムの高周波数帯のパワーをノーマル化単位に返す。ノーマル化単位のパワー $nu = (\text{絶対値パワー} \times 100 / (\text{総パワー} - \text{VLF パワー}))$ 。
- LF Power/HF Power: 今ある解析領域でのスペクトラムの高域周波数帯のパワーで割った低域周波数帯のパワーに返す。

D

リファレンス



ここでは HRV モジュールの開発に参考にした学術書や学術誌の一覧を掲げます。

リファレンス

- 1. B.M. Sayers, 'Analysis of heart rate variability', *Ergonomics* 16: 17-32 (1993).
- 2. B.W. Hyndman and R.K. Mohn, 'A pulse modulator model of pacemaker activity', in *Digest of the 10th International Conference on Medical and Biological Engineering*, Dresden, p 223, (1973).
- 3. P.W. Kamen and A.M. Tonkin, 'Application of the Poincaré plot to heart period variability: a new measure of functional status in heart failure', *Australia and New Zealand Journal of Medicine* 25:18-26 (1995).
- 4. *Computers in Cardiology*' (Sept. 5-8, 1993), London UK. IEEE Computer Society Press. See especially articles beginning pages 13, 269, 313, 447, 467, 543, 715 and 719.
- 5. M. Malik and A.J. Camm (eds), 'Heart Rate Variability' (Futura Publishing, 1995).
- 6. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 'Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use', *Circulation* 93: 1043-1065 (1996).
- 7. W.H. Press and G.B. Rybicki, 'Fast algorithm for spectral analysis of unevenly sampled data', *Astrophysical Journal* 338: 277-280 (1989).
- 8. R.D. Berger et al., 'An efficient algorithm for Spectral Analysis of Heart Rate Variability', *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* BME 33 (1986).
- 9. M. Brennan, M. Palaniswami and P. Kamen, 'Do existing measures of poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability?', *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* Vol. 48, No. 11 (2001).

ライセンス及び保証承諾書



範囲

この承諾書はADInstruments Pty Ltd (以下、ADIとする)とADI製品—ソフトウェア、ハードウェア、またはその両方の購入者 (以下、購入者とする) との間のもので、ADI側、購入者と製品のユーザー側にかかわるすべての履行義務と責任を包括しています。購入者 (又は、総てのユーザー) は本製品を使用することによって、この承諾書の条件を受諾するものとします。この承諾書に関する変更はすべて文書で記録され、ADIと購入者の同意を必要とします。

著作権と商標

ADIは当社が独自に開発してきたコンピュータソフトウェア、及びMacLab、Powerlab装置を含むハードウェアの所有権を有しています。ADIのソフトウェア、ハードウェア、付随する文献はすべて著作権により保護されていて、いかなる事情においても再生したり、変更すること、また派生品を作成することは一切認められていません。ADIは自社商標に対する独占所有権を維持し、会社名、ロゴ、製品名の商標を登録しています。

責務

購入者、及びADI製品を使用する者はすべて、適正な目的の基に分別ある態度で製品を

使用することに同意します。また自分の行為、及びその行為による結果に対して責任をとることに同意します。

ADI製品に問題が生じた場合、ADIは全力でその解決に対処します。このサービスは問題の性質により、請求金額が生じる場合もありますが、本承諾書の別項の条件に従うものとします。

制限

ADI製品の性能は外部要因 (例えば、使用するコンピュータシステム) に影響されますので、製品の機能に対する絶対的な信頼性は保証されるものではありません。本承諾書に含まれている以外は、ADI製品に関しては、明示、黙示または法令化を問わず、いかなる保証もなされません。従って、購入者には製品に関する機能や信頼性、及びその使用の結果に関してのすべてのリスクがあります。ADI製品を使用、または誤用することによって生じる損傷はいかなる種類のものであっても、その賠償をADIやその代理店、従業員に一切請求することはできません。ADI製品はすべて高品質に製造されていて、付随する文献に記述された通りに機能します。ハードウェアの保証は制限がありますが、技術サポートは全製品に提供されています。

技術サポート

ハードウェアの保証

ADIはハードウェアの購入者に対して、購入日から最低1カ年は製品の材質、及び製品の欠陥を無償補修します。欠陥があった場合は、ADIが修理、または適切なものに交換します。保証期間は修理や交換に費やした日数分を延長します。購入者は欠陥製品を返送する前に、ADIに連絡して返送許可を取得すべきです。

この保証は正常に、かつ保証された作動環境範囲内でハードウェアを使用した場合にのみ有効です。ハードウェアを改造したり、物理的、電氣的に不適切な使用によるもの、環境の不備によるもの、不適切な接続、標準品でないコネクタやケーブルを使用したもの、オリジナルのIDマークを変更したのものには責任を負いません。¹

ソフトウェアのライセンス

購入者は供給されたADIソフトウェアを使用するための非独占的権利が付与されます。(例えば、購入者の従業員や生徒はこの承諾書を違法するならば使用する資格を許諾されません。)購入者はバックアップを目的としてADIソフトウェアを複数コピーすることができます。しかしソフトウェア購入者はいかなる時も1台のコンピュータだけで使用するための権利のみが付与されています。購入したプログラムを複数コピーしても、同時に複数のコピーを使用することはできません。サイトライセンス(複数ユーザーライセンス)はたとえ1組のディスクしか提供されていない場合でも、5枚のプログラマコピーを購入したかのように使用できるものです。

購入者は『顧客登録フォーム』に必要事項を記入して返送すると、購入日からADIが随時定める一定期間、ADI製品の技術サポートを無料で受ける権利を有します。(顧客登録フォームは各製品に付いていますが、なんらかの理由で見当たらない場合はADI代理店までご連絡ください。)この技術サポートはインストール、操作方法、特別使用、ADI製品を使用して生じる問題等に関するアドバイスやサポートを提供するものです。

管轄

この承諾書はオーストラリア、ニューサウスウェールズ州法を就拠法とし、これに関する訴訟手続きはオーストラリア、ニューサウスウェールズ州最高裁判所に提訴、結審されます。

1.ML750 PowerLab/4SP、ML785 PowerLab/8SP、ML795 PowerLab/16SP、ML760 PowerLab/4ST、ML820 PowerLab 2/20、ML840 PowerLab 4/20、ML860 PowerLab 4/20T、ML850 PowerChrom