

ECG Analysis

for Windows
User's Guide



LabChart™

▶▶ Module

日本語マニュアル

目次

1 基本	3
2 解析設定	4
2 - 1 Analysis Process	4
Detection	
Classification	
Averaging	
Manual Edits	
2 - 2 Analysis Results	8
Table View	
Analysis Plots	
Channel Calculations	
2 - 3 Online Mode	11
Chart View	
Beat Classifier	
Averaging View	
Table View	
Channel Calculation	
3 演算	13
Detection	
Classification	
Averaging	
Analysis	
QTc Formulae	
References	
4 記録設定	15
Sampling Rate	
Range	
Using Filter	

1

基本

このガイドには、ECG Analysis モジュール v2.1 の詳細情報に関して書かれてあります。

このモジュールは、ヒト及び動物への研究用です。臨床目的に使用することはできません。

ECG Analysis モジュールをインストールしますと、LabChart 画面上に以下のような項目が表示されます。

- LabChart メニューバーに ECG Analysis メニュー（図 1-1）が追加されます。このメニューを通じて、ECG Analysis モジュールのほとんどの機能を使用することができます。詳しくは、4 ページをご参照下さい。

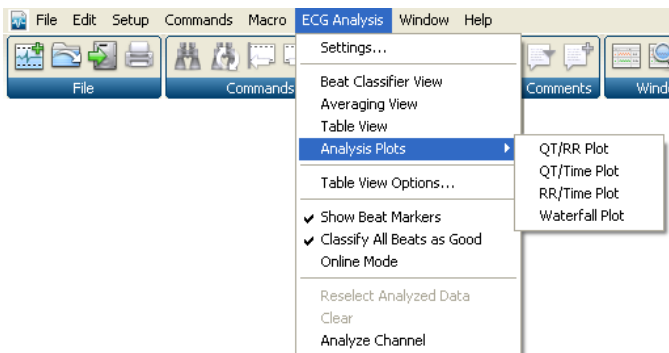


図 1-1

- チャンネル演算メニューにも ECG Analysis...（図 1-2）という項目が追加されます。

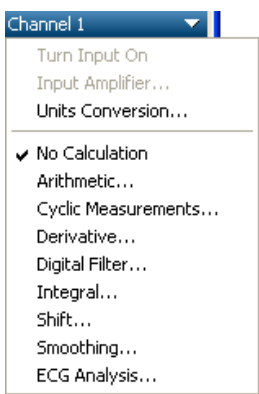


図 1-2

- LabChart ツールバーに、ECG Analysis ツールアイコン（図 1-3）が追加されます。これらのボタンを用いることで、よく使う項目へのアクセスが便利になります。

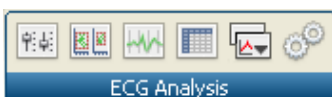


図 1-3

2

操作方法

2-1 Analysis Process

このモジュールの ECG 解析は次の 3 ステップに分かれています。

- Detection
- Classification
- Averaging

Detection

まず、どのように ECG ビートを検出するかの設定を行う必要があります。

- 1 ECG Analysis > Settings を選択し、ECG Settings dialog (図 2-1) を開きます。

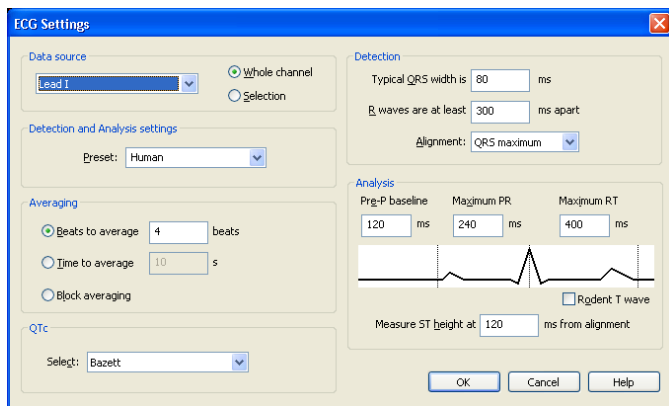


図 2-1

- 2 Data source のドロップダウンリストから、解析したいデータ領域を含むチャンネルを選択します。
- 3 チャンネル全体を解析したい場合は Whole channel を、チャンネル内の一部のデータを解析したい場合は Selection を選択して下さい。
- 4 ECG Analysis モジュールには、ヒトを含めた様々な動物向けの Preset 設定が用意されています。Detection and Analysis settings 内の Preset ドロップダウンリスト (図 2-2) から測定に用いた動物を選択して下さい。Analysis 内の設定は、動物に応じて変化します。

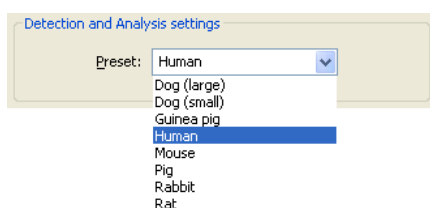


図 2-2

- 5 リスト内に対象となる動物が含まれていない場合は、最も近い動物を選択し、Analysis 内の設定を適切な値に変更するか、テキスト入力ボックス (図 2-2) に動物種名を入力し Analysis 内の設定に適切な値を入力して下さい。

Preset 内で Mouse もしくは Rat を選択した場合、Rodent T wave は自動的にチェックされます。詳しくは、7 ページの Rodent T Wave Checkbox をご参照下さい。

Beat Makers

検出が行われると、図 2-3 のように、Chart View 上の波形の上に、ビートマーカが表示されます。これらのマーカは、ECG Settings dialog (図 2-1) の Detection 内で Alignment ドロップダウンリストから選択された設定に従って、QRS 群の範囲内に配置されます。データ範囲内の最初のビートは検出されずビートマーカもつきません。また、検出される最初のビートは、灰色のビートマーカが付き、解析には含まれません。

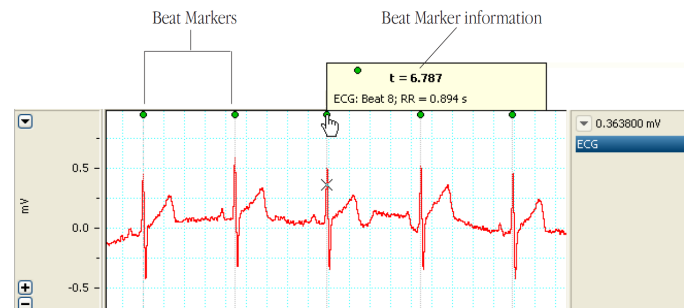


図 2-3

カーソルを任意のビートマーカに合わせますとハンドアイコンに変わり、そのマーカをクリックすると、そのビートに関する情報が表示されます。Averaging や Table View が開かれている場合、そのビートを表示するように更新されます。表示される情報 (図 2-3) には、以下のものが含まれます。

- **ビートマーカの時間** - この時間は、ファイルで使用されているフォーマットのものです。これは、セットアップ > 表示設定を選択すると設定することができます。
- **ビート番号** - 解析されているデータの初めから番号が付けられています。選択範囲内の最初のビートは、RR 間隔が計算できないので、ビートマーカもなく番号もありません。
- **ビートの RR 間隔** - RR 間隔は、各ビートに対して、現在の R 波と前の R 波との時間を計算しています。

デフォルト設定では、ECG Analysis > Show Beat Markers にチェックが入っており、ビートマーカが Chart View 上に表示されます。Chart View 上にビートマーカを表示させたくない場合は、ECG Analysis > Show Beat Markers のチェックをはずして下さい。

検出が完了しましたら、QRS 群が正確に検出されているかを確認するため、データ全体に目を通して下さい。多くの QRS 群にマーカが入っていないか、間違った場所にビートマーカが入っている場合は、ECG Settings dialog に戻り検出設定を調整して下さい。

Beat Alignment

正確な平均化を行うためには、全てのビートが一貫して、すなわち、心周期の同じ相に応じて位置していることが大切です。ですから、ビートマーカは QRS 群の同じ部分に位置しなければいけません。ビートマーカの位置を、QRS 群の最大値 (QRS maximum) か最小値 (QRS minimum) にするかを選択することができます。デフォルト設定では、QRS maximum が選択されていて、認識しやすいシングルの R 波を持つ ECG 波形でうまく作動します。

qRs、QRs、qRS、rsR' のようなコンフィグレーションは、QRS maximum を選択して下さい。

R 波がない波形や同じような振幅の R 波を 2 つ持つような波形の場合、ノイズの影響を強く受けるので、ビートマーカの位置はあまり信頼が置けません (図 2-4 左)。このような波形の場合は、QRS minimum でうまく作動します (図 2-4 右)。

RSR'、rSr'、QS のようなコンフィグレーションは、QRS minimum を選択して下さい。

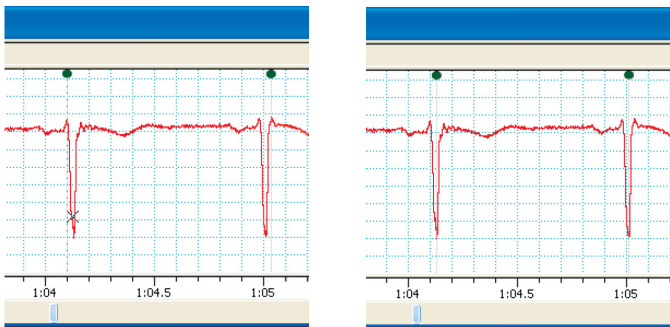


図 2-4

Adjusting the Detection Settings

ECG Settings dialog の Detection 内で、QRS 幅や RR 間隔を調整することで、ビート検出の精度が向上します (図 2-5)。

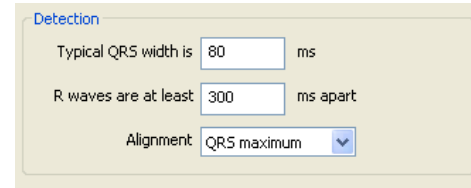


図 2-5

■ **Typical QRS width** - ECG 解析では、QRS 群を検出するのに、ノイズと ECG 波形を分けるためにこの値を利用します。この値は、記録された実際の QRS 幅に近い値に設定して下さい。

記録された ECG データで、典型的な QRS 群の幅を確認するためには、Chart View 上でマーカを用いて下さい。QRS 群の始まりにマーカを設置し、波形カーソルをその終わりに移動させますと、Rate / Time Display Area にマーカから波形カーソルまでの時間が表示されます。この時間をミリ秒に変換して、Typical QRS width テキスト入力ボックスに入力して下さい。

■ **R waves are at least x ms apart** - 検出する RR 間隔の最小値を設定します。直前の R 波後、設定された時間の間は、R 波は検出されません。とてもきれいに記録されている場合は、この値をゼロに設定しても構いません。ゼロ以外の値を設定することで、T 波やノイズを QRS 群として誤って検出するのを防ぎます。

記録している動物から予想される絶対的な不応期に近い値から始めるとよいでしょう。

ビート検出が改善されない場合は、ECG の記録が適切でない場合もあります。LabChart 上での ECG 記録の方法に関しては、15 ページをご参照下さい。

Classification

Classification により、異常値やノイズなど不適切に検出されたビートを解析から外することができます。このステージは、必要がない場合は飛ばしても構いません。

Beat Classifier View

ECG Analysis > Beat Classifier View を選択しますと、Beat Classifier View が表示されます (図 2-6)。左側のウィンドウはノイズが混じったビートを特定するために、右側のウィンドウは異なった RR 間隔や波形でビートを分類します。

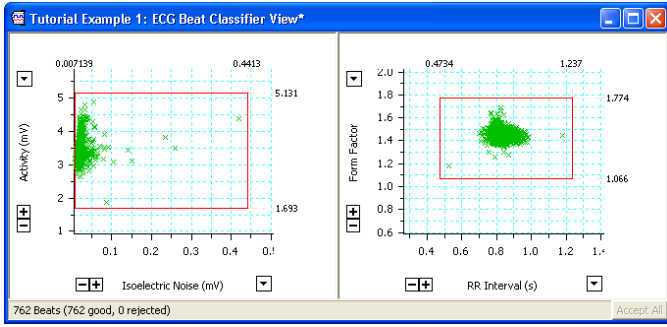


図 2-6

- **Activity** - サンプル間の電圧差を、1つのビート全体を通して積算したものです。この値が大きいと、ビートにノイズ、特に高周波のノイズ（コンセントからの干渉や筋電の干渉）が多く混じっていることを示します。ノイズが少ない記録では、Activity は主に QRS 群の振幅に依存します。
- **Isoelectric Noise** - 等電レベル（Isoelectric level）の不正確性の指標です。QRS 群より前のデータポイントから算出されます。この値が大きいと、直前のビートの T 波が混じっていたり、低周波のノイズ（Baseline 変動）や干渉が混じっていることを示します。
- **Form Factor** - QRS 群の形状と経時変化に依存するパラメータです。心室性期外収縮（PVCs）の Form Factor は、通常のビートより小さくなります。
- **RR Interval** - 直前のビートマーカから現在のビートマーカまでの間隔です。

Red Boxes

ビートを解析に含めるには、2つのウィンドウでそのビートを赤い枠の中に入れなければなりません。枠の外のビートは、解析から外れます。Beat Classifier View 内の右下の Accept All をチェック、もしくは、ECG Analysis > Classify All Beats as Good をチェックすると、赤い枠は全てのビートを含めるように調整されます。枠を移動させた場合、これらのチェックは外れます。

Beat Color-Coding

ビートは、2つのウィンドウ内の位置によって色分けされます。

- 2つのウィンドウで赤い枠内にあるビートは、緑色で表示され、平均化に用いられます。
- 左側のウィンドウでのみ赤い枠の外にあるビートは、赤く表示されます。
- 右側のウィンドウでのみ赤い枠の外にあるビートは、青く表示されます。
- 2つのウィンドウで共に赤い枠の外にあるビートは、ピンク色で表示されます。

Averaging View においても、ビートは上記と同じ色で表示されます。

Viewing Beats in the Chart View

あるビートを解析に含めるかを決定する前に、そのビートを見るには、Beat Classifier View 上でそのビートをクリックしてください。すると、そのビートが Chart View の中央に、また、開かれている場合は Averaging View 上に表示されます。ビートがファイルの始めや終わりにある場合は、出来るだけ中央近くに表示されます。

Averaging

ノイズや干渉が多い場合、より正確な ECG 波形を得るには、平均化が有効です。このモジュールでは、設定したビート数に応じて、もしくは、設定した時間内やブロック内の全てのビートに対して平均化することができます。これらの設定は、ECG Settings dialog の Averaging (図 2-7) 内で行います。データがきれいに記録され、平均化を行う必要がない場合は、Beats to average を 1 に設定して下さい。デフォルト設定では、Beats to average に設定され、ビート数は 4 に設定されています。平均化されたビートには、様々なパラメータマーカが付きます。

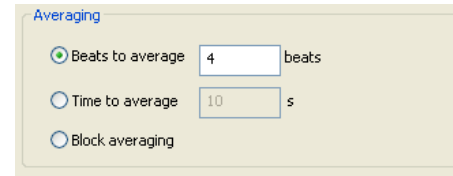
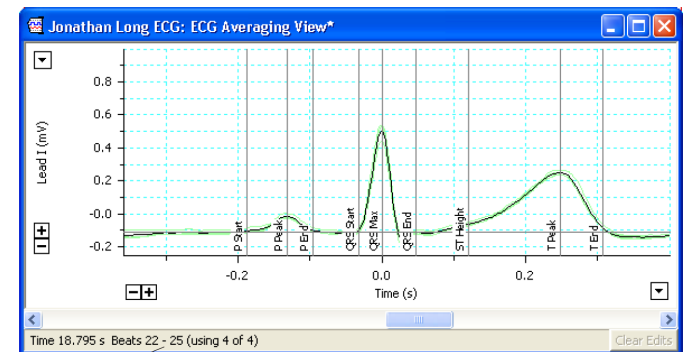


図 2-7

Averaging View

平均化された ECG ビートを見るには、ECG Analysis > Averaging View を選択し、Averaging View (図 2-8) を表示させて下さい。



Averaging summary information

図 2-8

平均化されたビートは黒色で表示されています。各ビートは、Beat Classifier View や Chart View 上と同じ色で表示され、解析に含まれているかどうか分かります。

ウィンドウ左のボトムには、ファイルの始めから平均化に使われた最初のビートまでの時間とサマリー情報（表示されている ECG トレースに含まれるビートと解析に用いられたビート数）が表示されます。例えば、「3 of 4」は、4のうち3つのビートは平均化に用いられ、残りの1つのビートは赤い枠の外にあるということです。

他の平均化されたビートを見るには、スクロールバーを
使います。Averaging View 上で平均化されたビートを変化させ
ますと、それに応じて、Chart View や Table View の表示も
変化します。Chart View では、その平均化に使われた最初の
ビートが中央に位置するように表示が変化し、Table View で
は、そのビートの値が表示、選択されます。

Analysis Results

平均化されたビートには以下のパラメータのマーカが表示
されます。

- P Start
- P Peak
- P End
- QRS Start
- QRS Max
- QRS End
- ST Height
- T Peak
- T End

これらのパラメータマーカの全てが、全てのビートに対
して表示されるわけではありません。パラメータマーカは、必
要に応じて、追加や削除、また、移動することができます。

マーカを追加するには、プロット表示エリア上で右クリッ
クし、表示されるポップアップメニューから、追加するパラ
メータを選択します (図 2-9)。パラメータマーカはプロッ
ト上に表示され、それをクリック・ドラッグすることで、任
意の位置に移動することができます。手動で変更すること
を Manual Edits と呼び、変更すると、サマリー情報の横に
Edited と表示され、変更したラインは赤色に変わります。

変更したパラメータマーカを元に戻す場合は、ウィンドウ
の右下にある Clear Edits をクリックするか、パラメータポッ
プアップメニューで Clear manual edits を選択して下さい。

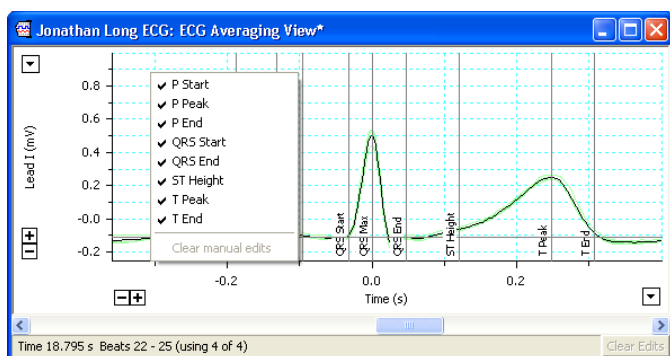


図 2-9

Adjusting the Analysis Parameters

Averaging View では、平均化されたビートは、ビート
マーカが 0.0 の時間に位置するように表示されます。マーカ
の前後で表示される波形の範囲は ECG Settings dialog 内の
Analysis (図 2-10) の設定によって決まります。

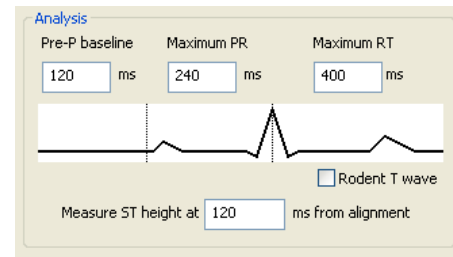


図 2-10

Isoelectric Level

Averaging View で描かれる横軸は、平均化された各ビート
の等電レベル (Isoelectric level) から算出された値です。等
電レベルは、活動が起こっていない間の心臓の電圧レベルで
す。

ECG Analysis モジュールは、QRS 群の始まりに先立ち、全
てのデータからビートの等電レベルを算出します。ほとんどの
ECG では、PR 部分は平坦で等電レベルを正確に算出する
には十分です。そうでない場合には、モジュールは P 波の前
の平坦な部分を探し算出します。この場合、Pre-P baseline
を十分に大きく設定する必要があります。しかし、Pre-P
baseline が大きすぎると直前のビートの T 波が混ざって算出
されてしまいます。Averaging View で等電レベルが明らかに
間違っている場合は、ECG Settings dialog 内の Pre-P baseline
の値を調節して下さい。

P Wave Markers

P 波が検出されずマーカが表示されない場合は、Pre-P
baseline と Maximum PR との合計値が小さい場合が考えられ
ます。ECG Settings dialog (ECG Analysis > Settings) に戻っ
て、それらの値を増やして下さい。

T Wave Markers

T 波が検出されずマーカが表示されない場合は、Maximum
RT の値が小さい場合が考えられます。ECG Settings dialog
(ECG Analysis > Settings) に戻って、この値を増やしてみ
て下さい。これにより R 波後の時間が長くなります。

Rodent T Wave Checkbox

Rodent T Wave が選択されていますと、QRS 群のすぐ後に
T 波が位置するようになります (げっ歯類の ECG には ST 部
位が欠けているため)。選択しない場合は、QRS 群の終わり
からしばらくして T 波を検出します。

Preset ドロップダウンリストで、Rat もしくは Mouse を選
択した場合は、Rodent T wave は自動的に選択されます。

Manual Edits

パラメータマーカの追加、削除、移動を Manual Edits と呼びます。Manual Edits をしたデータを再解析すると、変更が上書きされてしまいます。Manual Edits したデータを解析しようとする、警告メッセージ (図 2-11) が表示されます。OK をクリックするとデータは再解析され、Manual Edits は消去されます。

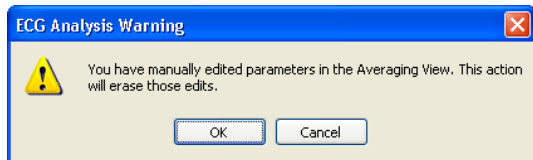


図 2-11

Reselecting Analyzed Data

ECG Analysis > Select Analysis を選択すると、Chart View 上で現在解析されているデータが選択されます。これは、オンラインで解析を行っている場合、どのデータが含まれているかを知りたい時に有効です。

Block Boundaries

ECG Analysis は、1つのブロック以上からの解析は行いません。ブロックに終わりにあるビートが不完全な場合、ビートは検出されずマーカもつきません。Beats to Average で指定されている数を満たす前にブロックの区切りが来る場合は、平均化されたビートは算出されず Analysis View のボトムにあるサマリー情報には、averaging incomplete と表記されます (図 2-12)。

平均化が不完全な場合、Table View に対応する列は、Time、First Beat、Last Beat、Used 以外のカラムは空白になり、Used は 0 と表記されます。

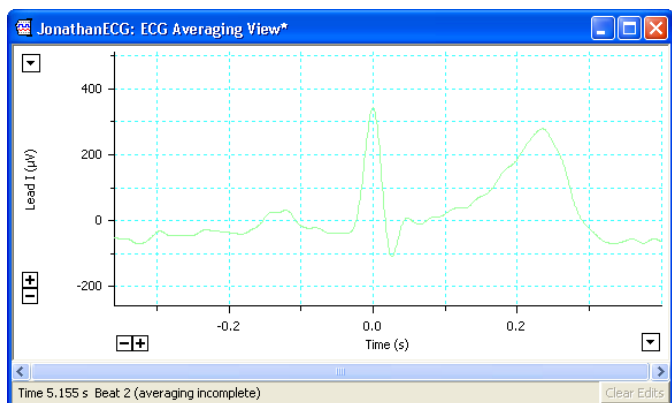


図 2-12

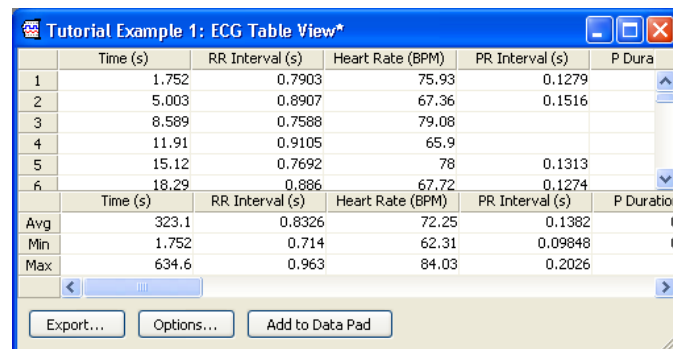
2-2 Analysis Results

ECG 解析が行われると、以下の3つの方法で、解析結果を見ることができます。

- Table View
- Analysis Plot
- Channel Calculations

Table View

ECG Analysis > Table View を選択することで、解析結果を Table View (図 2-13) に表示させることができます。

A screenshot of the "Tutorial Example 1: ECG Table View" window. It displays a table with columns: Time (s), RR Interval (s), Heart Rate (BPM), PR Interval (s), and P Dura. The table has 6 rows of data and a summary section at the bottom with columns: Time (s), RR Interval (s), Heart Rate (BPM), PR Interval (s), and P Duration. The summary rows are Avg, Min, and Max. Buttons for "Export...", "Options...", and "Add to Data Pad" are at the bottom.

	Time (s)	RR Interval (s)	Heart Rate (BPM)	PR Interval (s)	P Dura
1	1.752	0.7903	75.93	0.1279	
2	5.003	0.8907	67.36	0.1516	
3	8.589	0.7588	79.08		
4	11.91	0.9105	65.9		
5	15.12	0.7692	78	0.1313	
6	18.29	0.886	67.72	0.1274	
Avg	323.1	0.8326	72.25	0.1382	
Min	1.752	0.714	62.31	0.09848	
Max	634.6	0.963	84.03	0.2026	

図 2-13

Table は、2つのセクションに分かれています。上部のセクションでは、各平均ビートが一列に表示されています。下部のセクションでは、上部全ての平均ビートの統計サマリーが表示されています。

- Table View で、どのパラメータを表示させるかは、Table View Option dialog 内で設定することができます。
- 波形が検出されていない場合、パラメータは算出されず、対応するセルは空白になります。
- Manual Edits (8 ページを参照) がある場合は、対応する列は赤く表示されます。
- Table View で選択されている列は、それに対応するビートが Averaging View に表示されています。
- Chart View では、Table View で選択されている平均化されたビートの最初のビートが、中央に表示されます。
- Table View の振幅の単位は、ファイルの最初のブロックの単位に依存します。その後のブロックで違う単位が用いられたとしても変換されて表記されるので、カラム内の全ての値を比較することができます。

Columns

Table View の各列には、常に以下のカラムが表示されます。

- 平均化に含まれる最初のビートのビートマーカの時間。
Table View では、Chart View の時間フォーマットにかかわらず、ファイルの始まりからの時間が表示されます。
- 平均化に含まれる最初のビートのビート番号
- 平均化に含まれる最後のビートのビート番号
- 平均化に用いられたビート数

Table 内で表示させるカラムを選択するには、ECG Table View 内の Options… をクリックするか、ECG Analysis > Table View options… を選択し、ECG Table View Options dialog (図 2-14) を表示させて下さい。

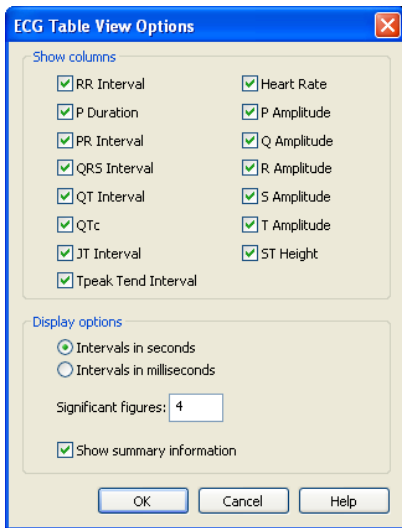


図 2-14

QTc - The Corrected QT Interval

Table View 上で、QTc (補正 QT 間隔) を表示することができます。ECG Analysis Settings dialog の QTc パネルから補正公式を選択することができます (図 2-15)。



図 2-15

Add to Data Pad

Add to Data Pad をクリックすると、選択されたデータ (ヘッダーを含む) をデータパッドに加えることができます。

Exporting Results

Table View のデータは、以下の 2 つの方法で出力することができます。

- Table View 内の Export… をクリックすることで、タブ切りのテキストファイルで保存し、表計算ソフトなどの他のアプリケーションで開くことができます。
- 編集 > copy Table View を選択することで、Table View をコピーし、他のアプリケーションに直接貼りつけることができます。Table View の全ての列をコピーしたい場合は、編集 > すべてを選択を選択した後に、編集 > copy Table View を選択して下さい。

Analysis Plots

ECG Analysis の結果を、以下の 4 つの解析プロットで表示させることができます。ECG Analysis > Analysis Plots を通して、これらにアクセスして下さい。

- QT/RR Plot
- QT/Time Plot
- RR/Time Plot
- Waterfall Plot

Waterfall plot を除いた全ての解析プロットは、以下のように設定されています。

- 始めはデフォルトのサイズで表示されます。スケールは、平均化されたビートが有効なスペースの中で最大に表示されるように設定されています。したがって、他の解析プロットと比較する場合には、スケールに注意する必要があります。
- サイズやスケールは、変更することができます。
- 各プロットには、平均化されたビートが表示されていて、それらのビートマーカは、Table View の列や Averaging View の表示に対応しています。
- ビートの上にカーソルを持っていくと、解析プロットの左上に、座標や平均化に用いられたビート番号が表示されます。
- 検出されなかったビートを描画するのに必要なパラメータは、プロットの隅に短いラインとして表示されます。例えば、20.34s にある平均化されたビートの T 波が検出できなかった場合、QT 間隔がありません。その結果、QT/Time Plot の 20.34s の所の上部に短いラインが入り、そこにカーソルを合わせると、「QT Interval not found, Time = 20.34s」と表示されます。
- Chart View 上のコメントも表示されます。

QT/RR Plot

ECG Analysis > Analysis Plots > QT/RR Plot を選択しますと、QT 間隔と RR 間隔の相関性を示す解析プロットを表示されます (図 2-16)。

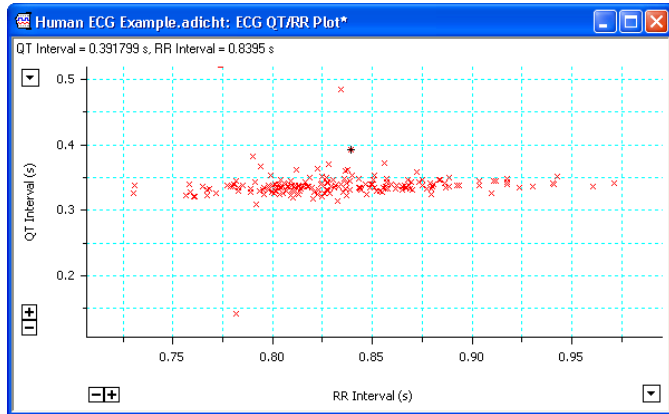


図 2-16

RR/Time Plot

ECG Analysis > Analysis Plots > RR/Time Plot を選択しますと、時間と RR 間隔の相関性を示す解析プロットを表示されます (図 2-18)。

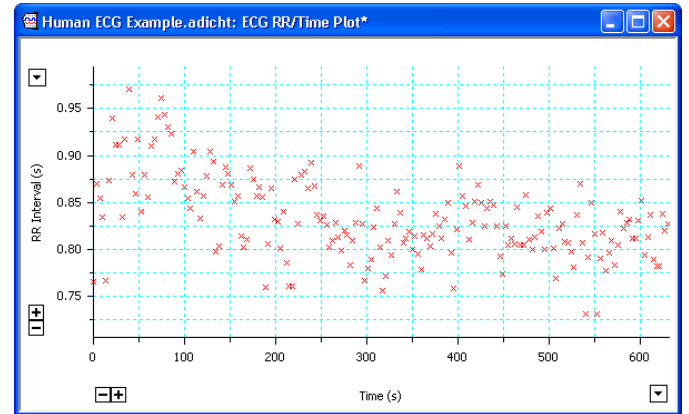


図 2-18

QT/Time Plot

ECG Analysis > Analysis Plots > QT/Time Plot を選択しますと、時間と QT 間隔の相関性を示す解析プロットを表示されます (図 2-17)。この解析プロットにおける時間は、Chart View の時間フォーマットにかかわらず、ファイルの始まりからの時間が表示されます。

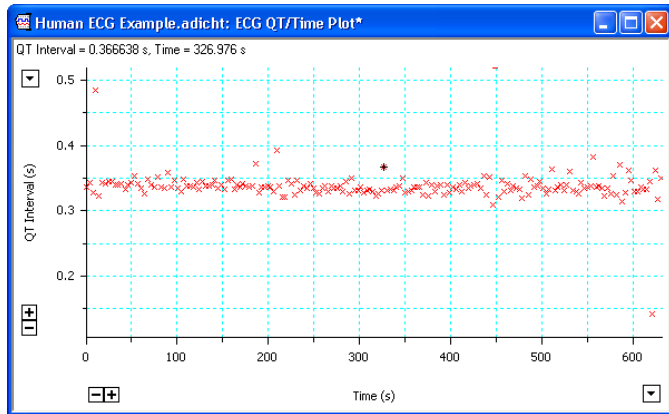


図 2-17

Waterfall Plot

1つのチャンネルからの平均化されたビートを3Dで表示します (図 2-19)。画面の視点は、方向キーや画面の一部をクリック・ドラッグすることで調整できます。また、マウスホイールや CTRL+ ↑ ↓ キーを用いることで、ズームイン、アウトを調整できます。また、この画像は、印刷やコピーすることもできます。

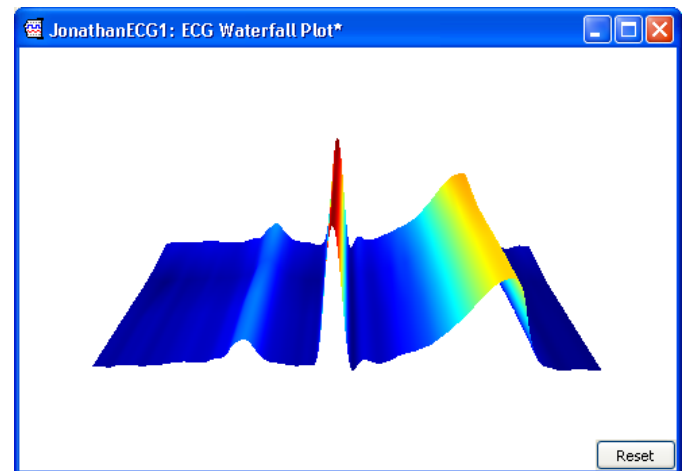


図 2-19

Channel Calculations

モジュールで算出されるパラメータは、個々の LabChart チャンネルに表示することができます。チャンネル演算メニューの中から ECG Analysis…を選択しますと ECG Analysis dialog (図 2-20) が表示されます。ECG Parameter ドロップダウンリストから、そのチャンネルに表示させるパラメータを選択して下さい。

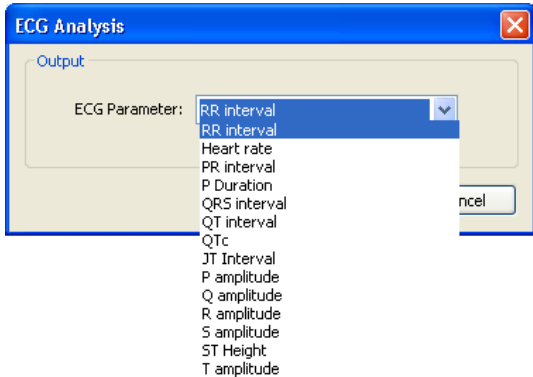


図 2-20

チャンネル演算は、平均化されたビートのパラメータを表示します。これは、Table View に表示されているパラメータと同じです。Beats to average で 4 に設定されていると、4 ビートごとに表示されます。

Online Mode において、測定中に Averaging View で Manual edit が行われた場合、チャンネル演算には、測定が停止されるまでその Manual edit は反映されません。

ECG Analysis チャンネル演算では、チャンネル間のサイクル演算の設定ができないようになっています。

2-3 Online Mode

ECG Analysis モジュールはオンラインで用いることができ、測定中に ECG 波形を解析することができます。

オンラインとオフラインとの違いは、測定が停止されるまで Averaging View 上で行った Manual edit がチャンネル演算で反映されない点のみです。

Chart View

- 1 測定中にデータを解析する場合、ECG Analysis > Online Mode がチェックされていることを確認して下さい。
- 2 ECG Settings dialog (ECG Analysis > Settings…) 内で、必要な設定を行って下さい。
- 3 スタートをクリックして下さい。
- 4 ECG Analysis > Show Beat Markers がチェックされていますと、測定中であっても、Chart View 上にビートマーカが表示されます。

Online Mode で、既にデータを解析している場合は、既存の解析を記録されているデータの終わりで終了させなければなりません。そうでない場合、スタートボタンをクリックすると警告ウィンドウが表示されます (図 2-21)。現在の選択範囲を消去しない限り、データ記録を開始できません。

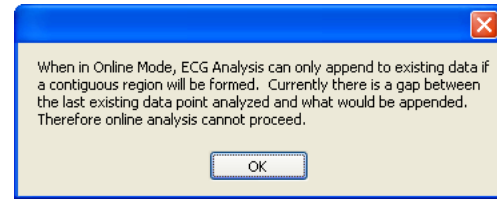


図 2-21

Beat Classifier View

- Beat Classifier View が表示されている状態ですと、データが記録されるについて、2つのウィンドウに個々のビートが追加されていく様子を見ることができます。
- ECG Analysis > Classify All Beats as Good が選択されていると、赤い枠が拡張された状態になり、全てのビートが含まれるようにスケールが変化します。
- ECG Analysis > Classify All Beats as Good が選択されていないと、Beat Classifier View 内に赤い枠が表示され、同じ座標のまま変わりません。新規のビートは、枠の設定により、解析に含まれるかどうか分類されます。

Averaging View

- Averaging View が表示されている状態ですと、ビートが検出されるにつれて、ビートが描画されていく様子を見ることができます。
- ECG Analysis > Classify All Beats as Good が選択されていると、全てのビートが緑色に表示されます。Beats to average で指定されている数のビートが描画されると、平均化されたビートが黒く表示され、パラメータマーカが表示されます。
- ECG Analysis > Classify All Beats as Good が選択されていないと、ビートは同じ色で表示されます。
- ECG Analysis View が各々の平均化されたビートを集計している間は、情報エリアに averaging incomplete と表示されます (図 2-12)。必要な数のビートが検出されると、平均化されたビートは黒色で描写され、情報エリアには平均化に用いられたビートの数が表示されます。
- 測定中であっても、左矢印ボタンやスクロールバーを用いることで、前の平均化されたビートを見直すことができます。
- パラメータを追加する場合は、データ表示エリア上で右クリックし、表示されたポップアップメニューから追加するパラメータを選択して下さい。
- パラメータマーカをクリックして、移動させることもできます。

Table View

- Table View が表示されている状態ですと、ビートが新たに検出されるのに応じて、列が追加されていく様子を見ることができます。
- Averaging View が更新されたり、パラメータマーカが追加・移動されたりすると、Table View 上でそれに対応する列が選択され、Manual edits を含む場合は赤色で表示されます。

Channel Calculations

- チャンネル演算をオンラインで使用すると、データが記録されるにつれて、演算結果が表示されます。
- チャンネル演算では、Table View で表示されるように、平均化されたビートの値が表示されます。
- Averaging View 上でパラメータマーカを移動させた場合、その Manual edit は記録が停止されるまで、チャンネル演算には反映されません。

3

演算

この章では、ECG Analysis モジュールで用いられている演算の詳細を説明しています。

Detection

QRS の検出は、Hamilton and Tompkins(1986) と Hamilton (2002) による方法を元に行っています。

中心周波数が $1.3/W_{QRS}$ の狭帯域フィルターを LabChart データに適用します。このフィルター出力の絶対値を、ウィンドウ幅 $1.25W_{QRS}$ の rectangular window (方形窓) によりスムージングします。その結果の信号には、QRS 群には大きなピークが、P 波と T 波には小さなピークが見られます。干渉やノイズによりピークのサイズは変わります。どのピークが QRS 群かを決定するには適応的な閾値法が用いられます。適応には、QRS ピークの大きさを得るために数個のビートが必要となります。解析されるデータブロックの始めに、数個のビートが検出されないのは、このためです。QRS ピークの候補は、直前に検出されたピークとの間が RR_{min} よりも短い場合や、 RR_{min} の間により大きなピークがある場合、却下されます。

1つのQRS群から1つのピークが検出されると、ピークの位置に一時的なビートマーカが設置されます。その後、マークに関して時間窓 ($\pm W_{QRS}$) で LabChart のソースチャンネルを検索し、最大値もしくは最小値 (ユーザの設定によります) を探します。それから、ビートマーカは極値の時間となるように調整されます。

他の全ての解析 (Classification や Averaging) は、LabChart のソースチャンネルデータから抽出されたデータセグメント上で行われます。各セグメントは、ビートマーカを基点に、ユーザ設定された期間 (Pre-P baseline+Maximum PR interval) 分だけ前の位置から始まり、ユーザ設定された期間 (Maximum RT interval) 分だけ後の位置までです。

Classification

4つのパラメータは、各検出ビートごとに算出されます。始めの2つは、主にノイズの測定と記録状態の質を測るためにあります。

- **Activity** - 全てのビート上の $\sum |y_i - y_{i-1}|$ の値です。この値が大きいと、ノイズ、特に高周波の物 (コンセントからの干渉や筋電からの干渉) が含まれていることを示めています。ノイズが低い場合は、Activity の値は主に QRS 群の振幅に依存します。

- **Isoelectric Noise** - データポイントの平均絶対偏差です。ビートの始まりからビートマーカ前の W_{QRS} までのデータから算出されています。この値は、等電レベル (Isoelectric level) の不正確性を評価しています。この値が大きいと、低周波 (Baseline の揺らぎ) か高周波のノイズや干渉が含まれていることを示しています。
- **Form Factor** - 二次微分の標準偏差、シグナルの標準偏差で割ったもの (Rangayyan 2002) です。この値は、ビートマーカを中心に W_{QRS} 幅の範囲内のデータポイントから算出され、波形の「複雑さ (complexity)」を示します。この値は、QRS 群の形や経時変化に強く依存しますが、振幅には依存しません。通常、心室性期外収縮 (PVCs、異所性収縮) は、経時変化が遅いので、ノーマルのビートより Form Factor の値は小さくなります。
- **RR Interval** - 直前のビートマーカから現在のビートマーカまでの間隔です。

Averaging

連続したビート (n_{Av} はユーザ設定) が LabChart チャンネルから抽出されます。これらは、Classifier によって分類され、通過したビートが平均化されて、1つのビートが作られます。Averaging View 上では、全ての波形が、Beat Classifier View での色で、表示されます。平均化された波形 (黒色表示) のみが解析に用いられます。平均化されたビートの RR 間隔は、平均化に用いられた波形の RR 間隔の平均値です。

Analysis

- **QRS 群** - R 波は、ビートマーカの周辺で、最もプラスに大きい値として検出されます。QRS 群のスタートとエンドは R 波の両側で、勾配 (dV/dt) が十分に低い値になった所として検出されます。等電レベルは、 QRS_{start} より前の全てのデータの平均として算出されず。
- **P wave** - P_{peak} は、pre-P から QRS_{start} までの間で等電レベルからの絶対偏差の値が最も高い点として検出されます。P 波は、等電レベルの不確実性 (平均絶対偏差) の水準をピークが超えた場合にのみ検出されます。 P_{start} は、P 波の前のポイント (ピークの 15% ~ 60% の範囲のポイント) の最小二乗によって直線回帰された直線から決定されます。この直線と等電レベルの交差点が P_{start} となります。

- **T wave** - QRS_{end} 後のあるポイントからスタートし、最初の大きなピークを検出します。Rodent T wave が選択されていると、スタートポイントは QRS_{end} に近くなります。選択されていない場合は、スタートポイントはより右に移動します。適したピークが検出されると、T_{peak} の 30% ~ 70% の範囲のデータの最小二乗によって直線回帰され、その直線と等電レベルの交差点が T_{end} となります (Xue and Reddy, 1997)。
- **Rodent T wave** - げっ歯類の T 波に関しては、意見が分かれています。文献では、げっ歯類の T_{end} の定義に関して様々な判断基準が提唱されています。この ECG Analysis モジュールでは、等電レベルに戻った初めの点（もしくは、その近く）に T_{end} マーカを設置しています。

QTc Formulae

HR = 心拍数 (bpm)

RR = RR 間隔 (s)

QT = QT 間隔 (s)

QTc = 補正 QT 間隔 (s)

Bazett $QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$

Framingham $QTc = QT + 0.154 \times (1 - RR)$

Fridericia $QTc = \frac{QT}{\sqrt[3]{RR}}$

Hodge $QTc = QT + 0.00175 \times (HR - 60)$

Matsunaga $QTc = QT \times \frac{\log 600}{\log(RR \times 1000)}$

Mitchell et al $QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR \times 10}}$

Van de Water et al $QTc = QT - 0.087 \times (RR - 1)$

References

- P.S. Hamilton and W.J. Tompkins (1986) 'Quantitative investigation of QRS detection rules using the MIT/BIH arrhythmia database'. IEEE Trans Biomed Eng. BME-33, 1157-1165.
- P.S. Hamilton (2002) 'Open source ECG analysis software documentation'. www.eplimited.com
- R.M. Rangayyan (2002) Biomedical Signal Analysis. Wiley.
- Q. Xue and S. Reddy (1997) 'Algorithms for computerized QT analysis'. Journal of Electrocardiology 30 (suppl.), 181-186.

4

記録設定

この章では、ECG Analysis モジュールでの解析に適した ECG 記録の設定に関して説明します。

Sampling Rate

QRS 群を検出するのに十分高いサンプリングレートを選択して下さい。QRS 群に 15 ~ 30 ポイント含まれるようにします。サンプリングレートが低すぎると、ピークの位置の正確さに欠けます。サンプリングレートが高すぎると、データが極端に大きくなってしまい、解析に時間がかかってしまいます。

推奨されるサンプリングレート

Mouse	4 kHz
Rat	2 or 4 kHz
Rabbit	1 or 2 kHz
Guinea pig	1 or 2 kHz
Dog	400 Hz or 1 kHz
Human	400 Hz or 1 kHz

Range

Baseline の揺らぎや低周波のノイズがない場合、ECG の信号は、通常 $\pm 1\text{mV}$ です。2mV のレンジの設定で記録できます。しかし、Baseline の小さな揺らぎでも、信号がレンジ幅を超えてしまい、重大なデータの欠損が起こることがあります。ですから、余裕を持たせ、10mV や 20mV のレンジを選択するのが安全です。PowerLab の AD コンバータは 16bit の分解能ですので、ECG 波形を正確に記録するのに十分です。また、縦軸のスケールをドラッグしたり、Auto Scale コマンドを用いることで、LabChart View を見やすいスケールに変更することができます。

Using Filters

フィルタを用いることで、ECG 信号の解析が格段に向上します。

High-pass Filter

ハイパスフィルタ（アナログ、デジタルどちらでも）を適切に用いると、Baseline の揺らぎを抑えることができます。カットオフ周波数 0.3Hz のアナログフィルタは、全ての記録に用いることができます。また、オフラインでデジタルフィルタをかけて、様々なカットオフ周波数を試すことができます。

Low-pass Filter

ローパスフィルタは、高周波のノイズを軽減します。ローパスフィルタのカットオフ周波数は、記録のサンプリングレートの半分以下でなければいけません。

Notch Filter

ノッチフィルタは、ECG 波形を歪ませる原因になりますので、使用しないで下さい。対照的に、LabChart の電源フィルタは効果的にコンセントの干渉を抑えることができ、非常に有効です。

Median Filter

中央値フィルタは、電氣的ペースングで起こるような一時的な干渉を抑えるのにとても有効です。チャンネル演算メニューの算術演算に Median Filter 機能があります。チャンネル演算メニューから「算術演算…」を選択し、「関数…」のドロップダウンリストから「MedianFilter()」を選択します。チャンネル番号とサンプル数を入力して下さい（例：Ch2,3）。