

アプリケーションノート 129 : 心拍変動

解析 : 統計的尺度

SDANN

SDNN-index

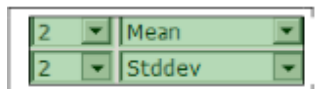
SDANN は、5 分ごとの NN 間隔 (通常 RR) 平均の標準偏差 (例 : 288NN 平均値の標準偏差) ですが、SDNN-index は、24 時間の中で 5 分全ての NN 間隔の標準偏差の平均値です (例 : 288NN 標準偏差の平均値)。

SDANN は、R-R 間隔が [Find Cycle] もしくは [Find Rate] を使用して計算されているかどうかに基づいて、2 つの方法のどちらかで計算されます。

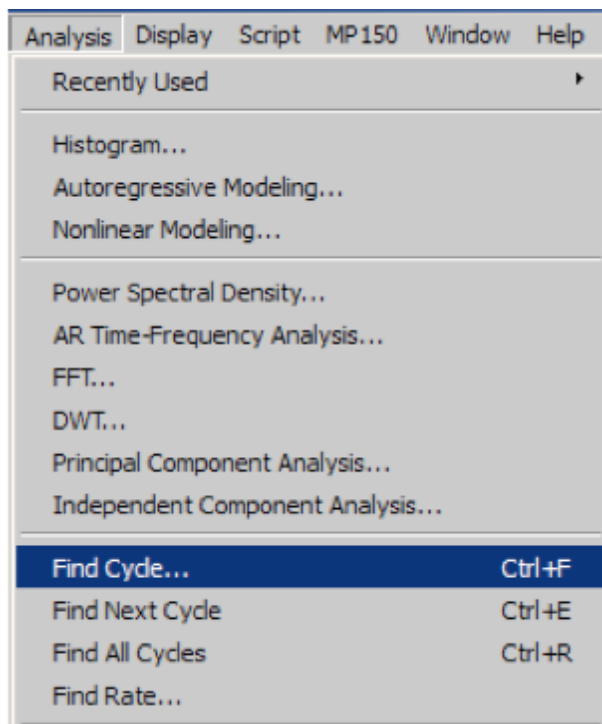
[Find Cycle] を用いて計算する RR 間隔

SDANN および SDNN-index を得るには、最初に 5 分間隔で平均心拍数を計算します。以下のステップで手順内容を説明します。

1. 記録したデータから、R-R 間隔チャンネル上の平均値と標準偏差に関するメジャメントを設定します。

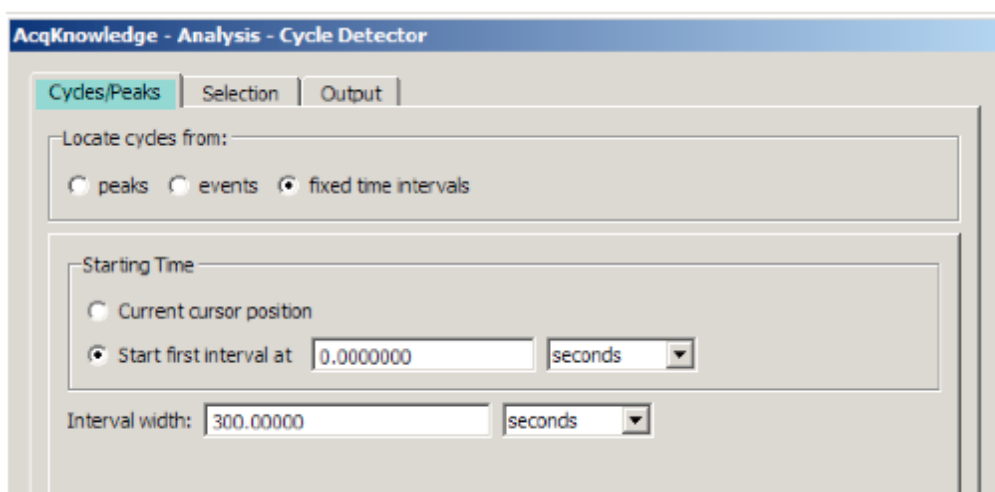


2. [Analysis] > [Find Cycle] を選択します。

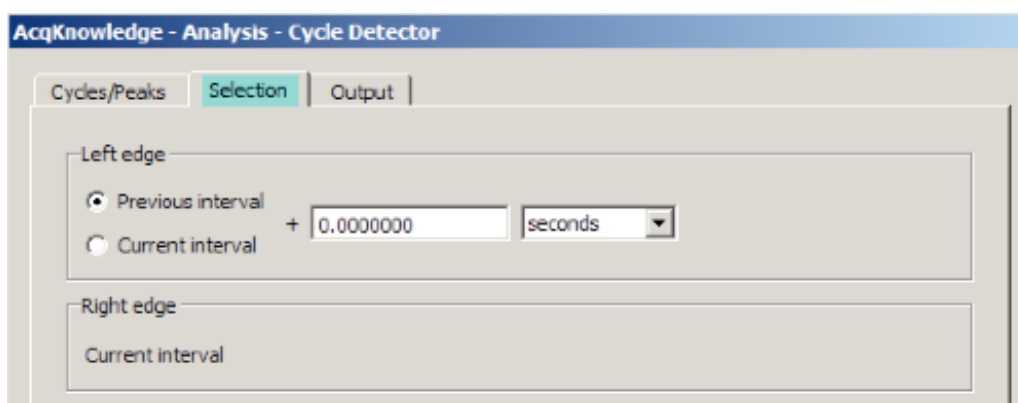


3. [Cycles/Peaks]タブで、“fixed time intervals” を選びます。

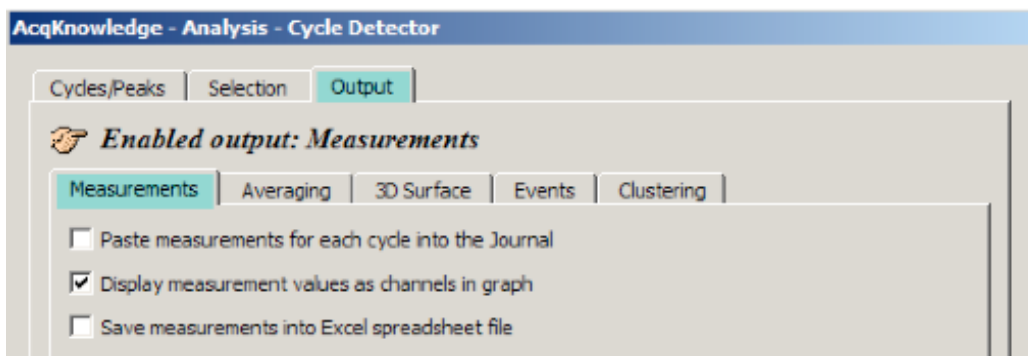
- 開始時間を選択します= “Start first interval at 0.0000 seconds ”
- 間隔幅を設定します=5分または300秒



4. [Selection]タブをクリックします。Left edge を “Previous interval (以前の間隔) + 0.000000 秒” に設定します。

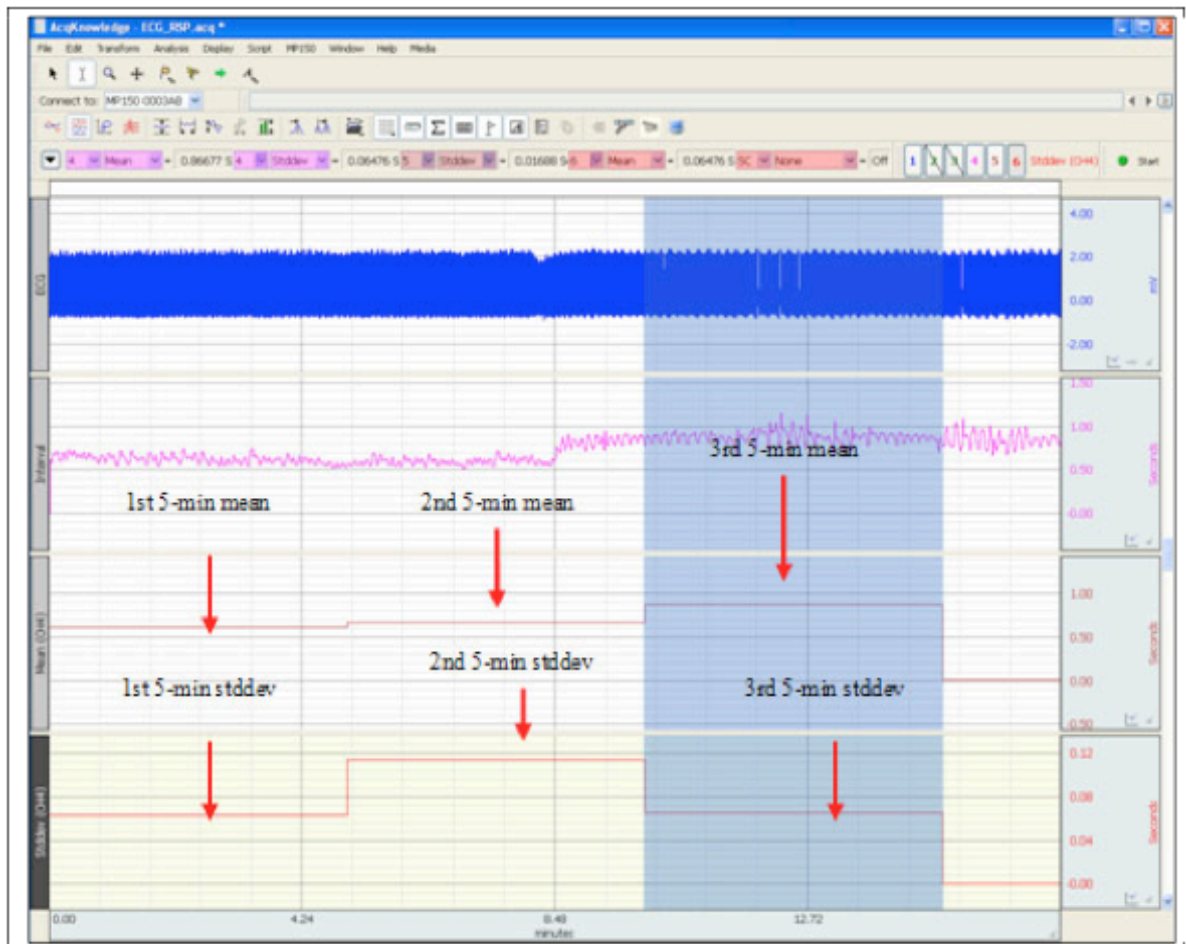


5. [Output]タブをクリックします。出力オプションとして、“Display measurements as channels in a graph ” を選択します。



6. [Analysis]>[Find All Cycle]を選択します。

- 以下のグラフは、5分ごとの R-R 間隔の平均値と標準偏差を示しています。



手順 2~6 の「全サイクルの検索」出力

7. メジャメントボックスを平均値チャンネルに割り当てた標準偏差に設定し、平均メジャメントを標準偏差チャンネルに割り当てます。

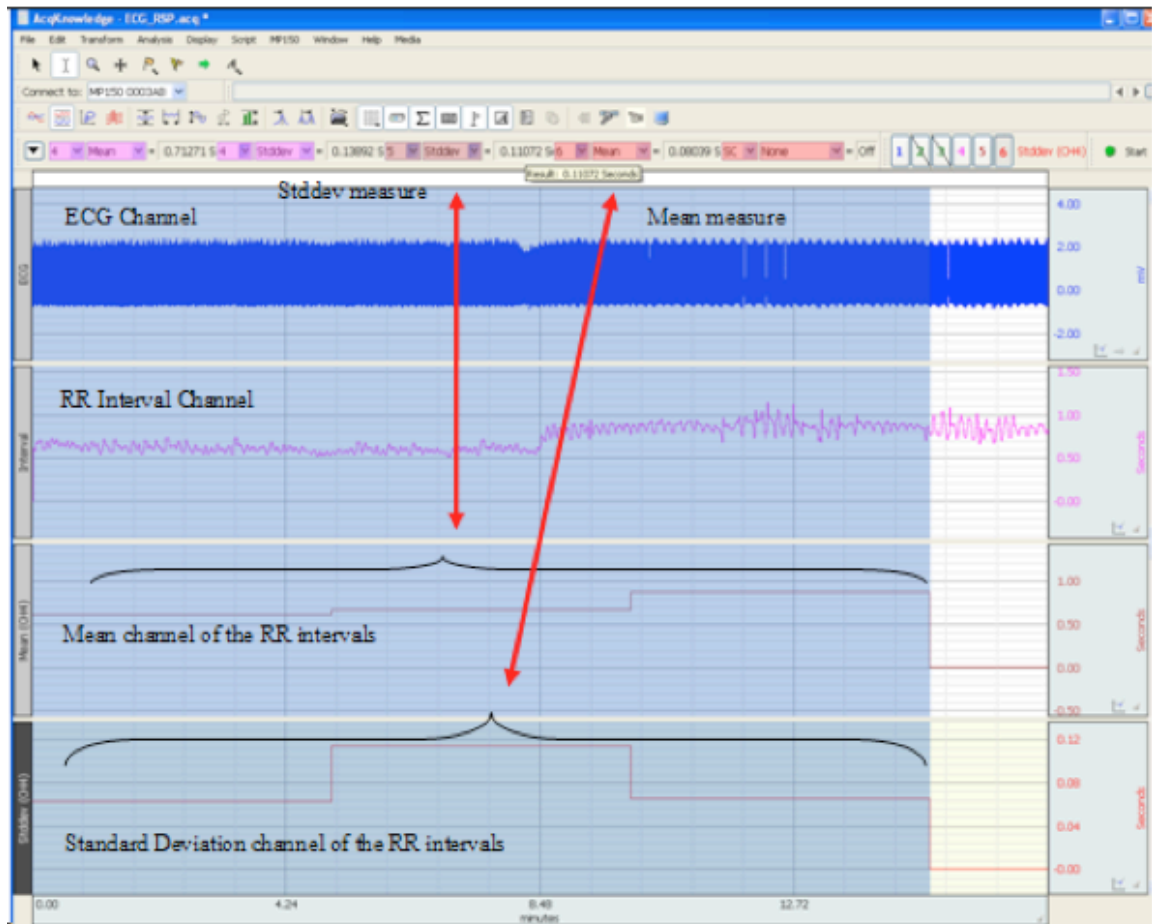


全ての 5 分間の RR 間隔平均値の標準偏差で構成される SDANN



全ての 5 分間 RR 間隔標準偏差の平均値で構成される SDNN-index

8. SDANN と SDNN-index を得るには、有効な 5 分間隔を強調するために I ビームツールを使用します。



リアルタイムでキャプチャした ECG 信号における SDANN と SDNN-指数

RMSSD

注： RMSSD、SDSD および pNN50 の統計値を計算するための BIOPAC 基本スクリプトは、以下の URL からダウンロードできます：

<http://www.biopac.com/script/script-056-compute-hrv-statistics/>

RMSSD は、隣接する R-R 間隔の差の二乗平均値の平方根です。下図を参照すると、差は次のようになります：

$$RR_1 - RR_2 = D_1$$

$$RR_2 - RR_3 = D_2$$

$$RR_3 - RR_4 = D_3$$

$$RR_{n-1} - RR_n = D_{n-1}$$

これらの差は、次に RMS の式で使用されます：

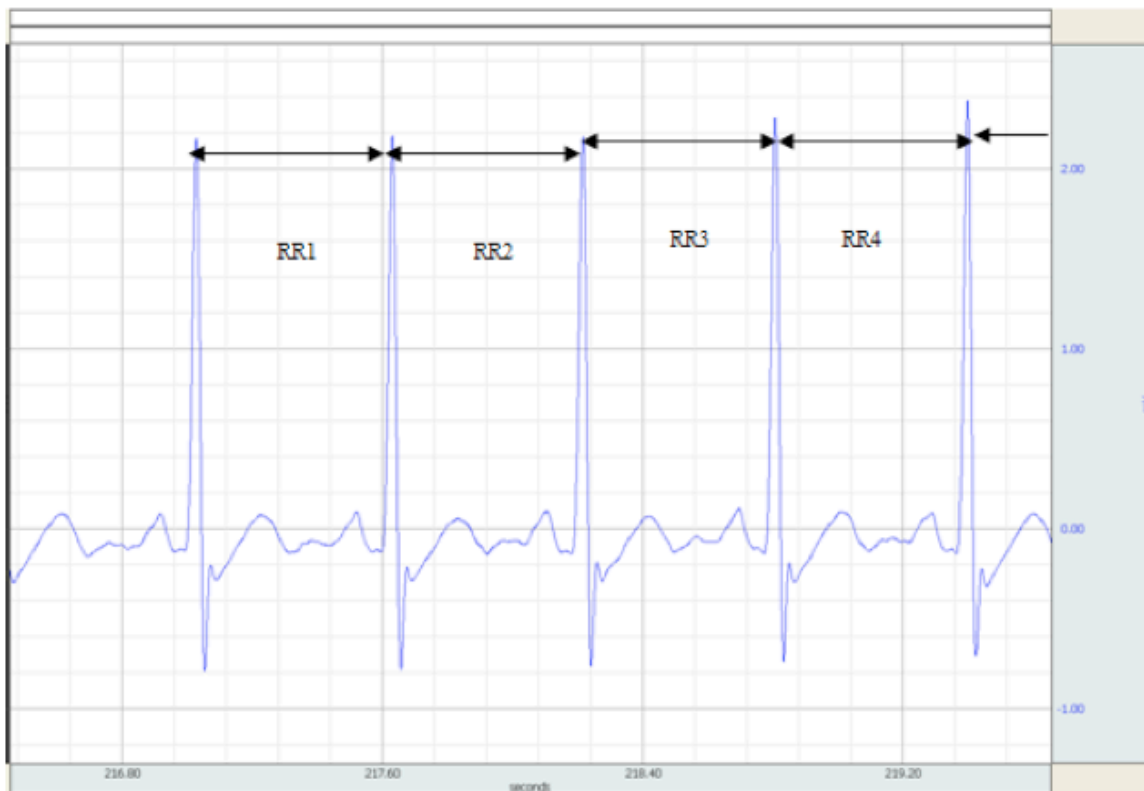
$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} D_i^2}{n-1}}$$

ここでは：

i = 間隔指数

n = 合計間隔の数

n-1 = 間隔差分の数

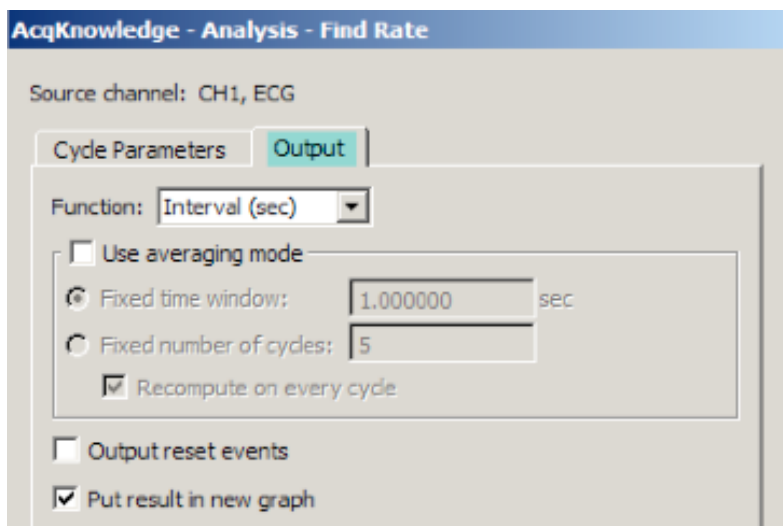


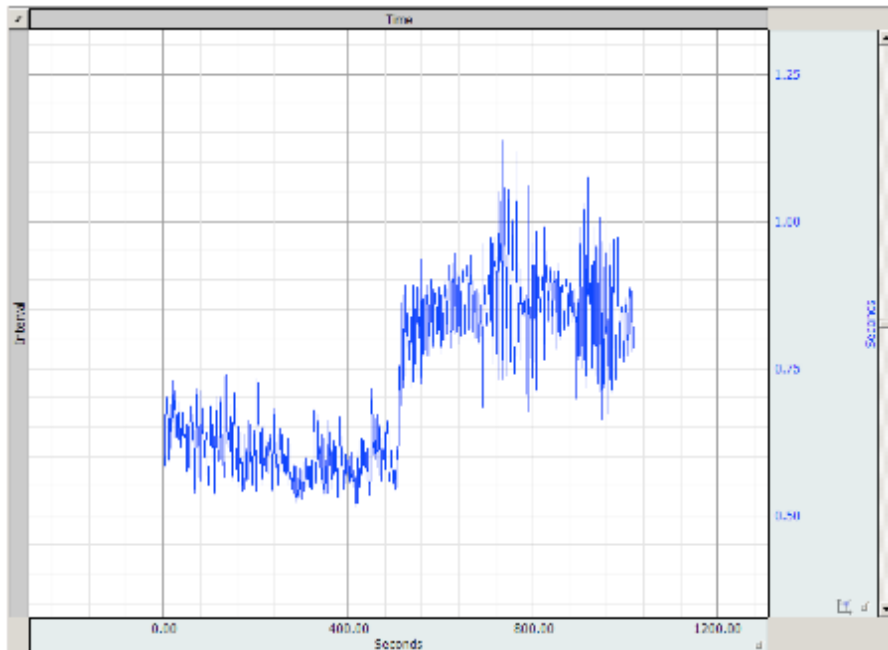
RMSSD の計算に使用される連続する R-R 間隔

以下で、SDANN-index/SDNN-index の計量に対して派生した R-R 間隔を用いる RMSSD の計算のための推奨される手順を提供します。

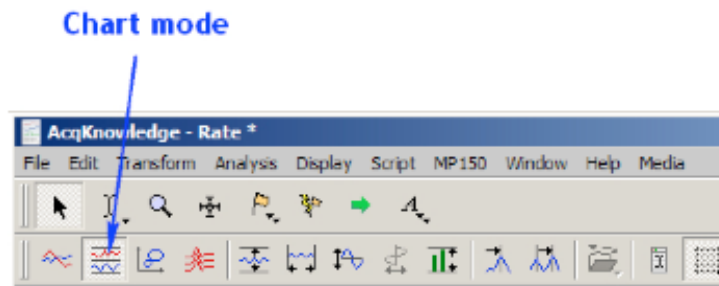
RR 間隔の波形からの RMSSD 指標の算出

1. ECG 波形のソースから離れた R-R 間隔のグラフを作成します。
2. ECG チャンネルを選択します。
3. [Analysis] > [Find Rate] を選択し、[Output] タブを選択します。
4. 関数として “Interval (sec)” を選択します。
5. “Put result in new graph” にチェックを入れ、OK をクリックします。





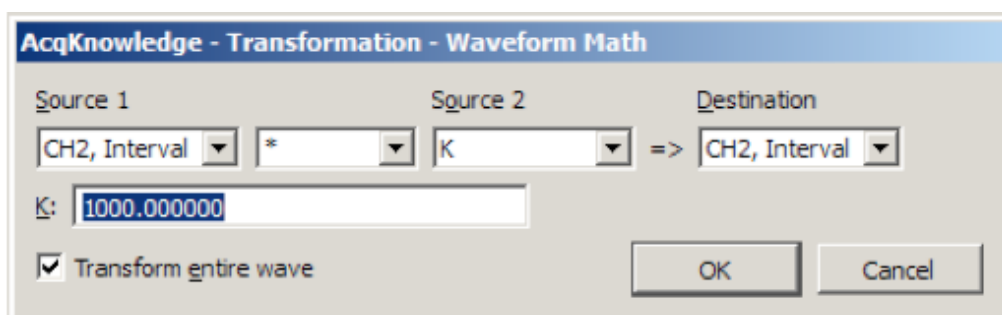
6. 新しい R-R 間隔のグラフビューを [Chart mode] に切り替えます。



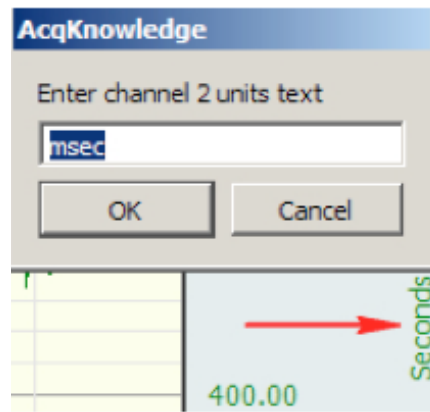
7. R-R グラフの TIME チャンネルを非表示もしくは削除し、[Display] > [Autoscale Horizontal] を使用して間隔表示を拡大します。

8. 秒からミリ秒に R-R 間隔のグラフを変換します。[Analysis] > [Waveform Math] を選択し、下図に示されているようにパラメータを入力します。

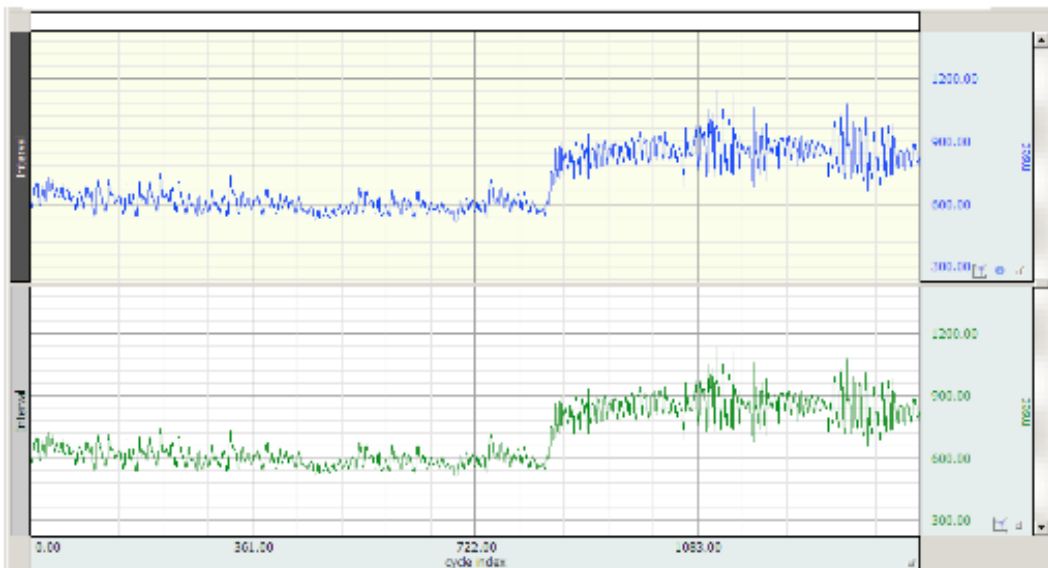
- ソースおよび出力先として RR 間隔のチャンネルを使用します。
- 演算子を乗算 (*) に設定します。
- “K” 値を 1000 に設定し、OK をクリックします。



9. 垂直軸の単位ラベルをダブルクリックします。単位を“msec”に変更し、OK をクリックします。




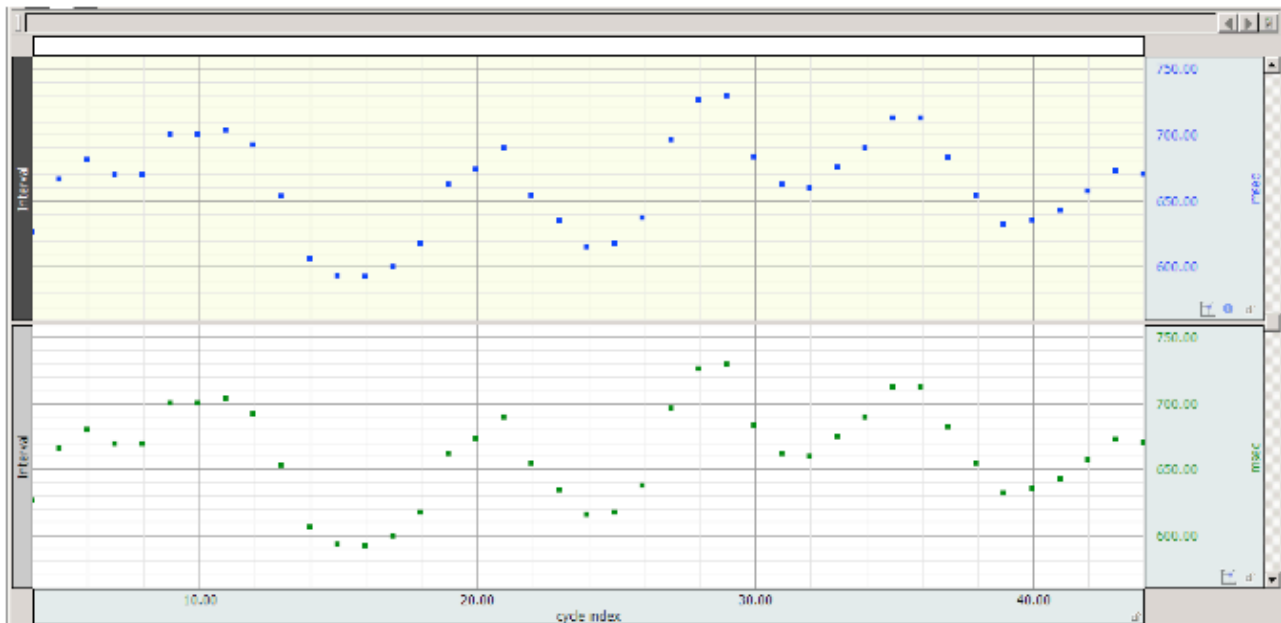
10. [Edit] > [Duplicate Waveform] を使用して R-R 間隔チャンネルを複製します。



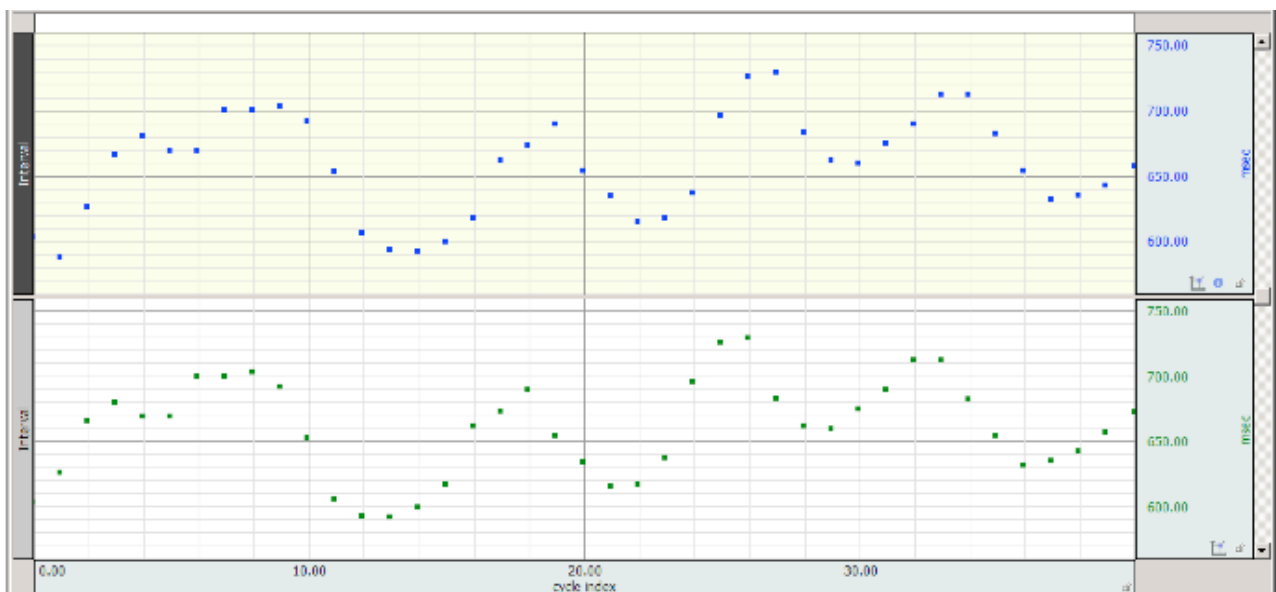
11.  のメジャーメントを選択します。

12. [Display] > [Show] > [Dot Plot] を使用して、各チャンネルでドットプロットに線の種類を設定します。

13. 各チャンネルの最初の複数のサンプルを表示するためにズームツール  を使用します。



14. 上段の間隔チャンネルを選択し、2 サンプル ($\Delta S=2$) をハイライトした後、取り除くために [Edit] > [Cut] を使用します。
15. 複製した下段の間隔チャンネルを選択し、3 サンプル ($\Delta S=3$) をハイライトした後、取り除くために [Edit] > [Cut] を使用します。



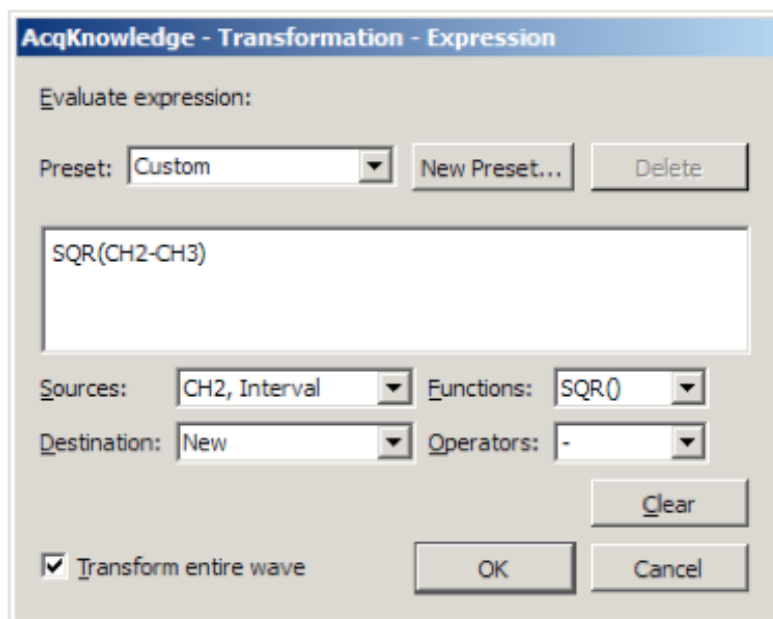
結果のグラフは 1 拍で区切られた 2 つの R-R 波形を含んでいる必要があります。

(両方のチャンネルで ΔS が選択された状態で、[Select] > [All] を選択して確認します。)

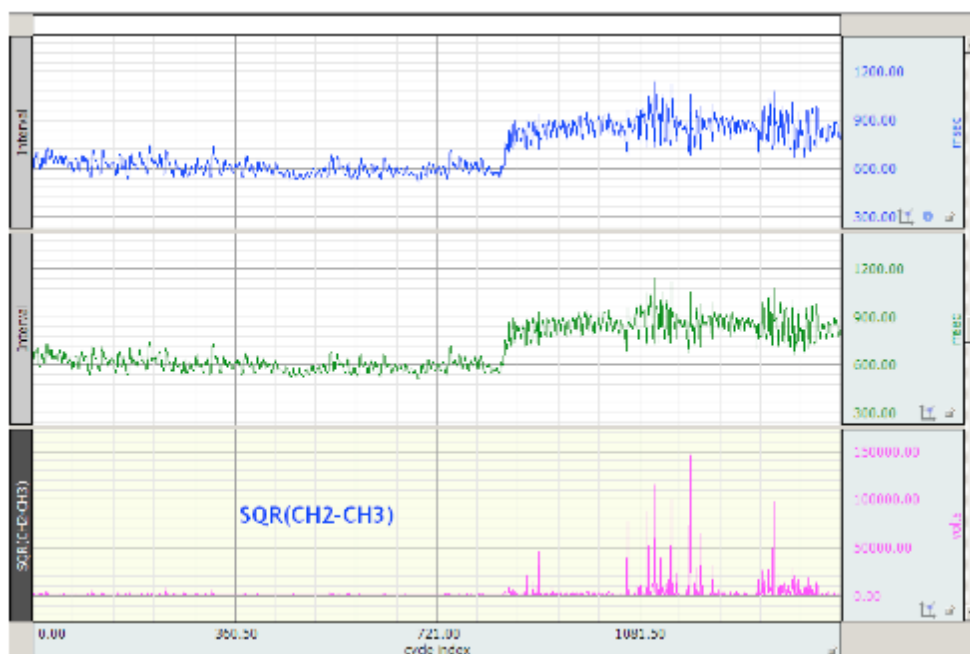
16. 両方の R-R 間隔チャンネルで、ラインプロットの種類に戻ります。: [Display] > [Show] > [Line Plot]
17. 2 つのチャンネル間での差の 2 乗を求めるために、式の変換を使用します。
 - [Transform] > [Expression] を選択します。
 - 式の欄に $SQR(CH2-CH3)$ を入力します。

- Destination : **New**
- **OK** をクリックします。

注：元の、および複製した R-R 間隔のチャンネル番号の割り当ては、上記および例式で用いたものと異なる場合があります。もし異なる場合は、式で正しいチャンネル番号を使用してください。



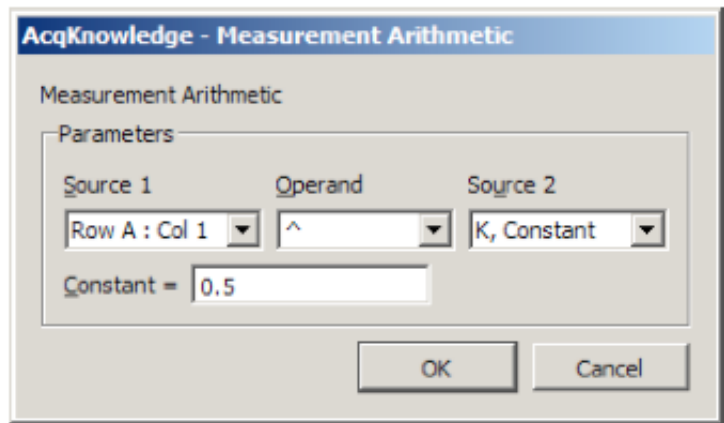
18. 結果として得た SQR グラフを垂直方向および水平方向にオートスケーリングし、[Edit]>[Select A11]を選択します。



19. 差異の 2 乗の平均値を得るために、メジャメントを **SC** に設定します。

20. 平均値の平方根を拡大するためにメジヤメントを“Calculate”に設定します：

- ソース 1=平均値
- 演算子= \wedge (exp)
- ソース 2=0.5 (定数)
- OK を押す。



21. 結果：RMSSD=Calculate



アプリケーションノート 129 - パート 2 心拍変動-SDSD&NN50 計算

SDSD は、隣接した R-R 間隔の差の標準偏差です。以下の図 1 に関して、差は次のようになります：

$$RR_1 - RR_2 = D_1$$

$$RR_2 - RR_3 = D_2$$

$$RR_3 - RR_4 = D_3$$

$$RR_{n-1} - RR_n = D_{n-1}$$

これらの差は、次の SDSD の式で使用されます：

$$SDSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} (D_i - D_{mean})^2}{n-1}}$$

ここでは：

i=間隔指数

n=合計間隔の数

n-1=間隔差分の数

$$D_{mean} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n-1} D_i$$

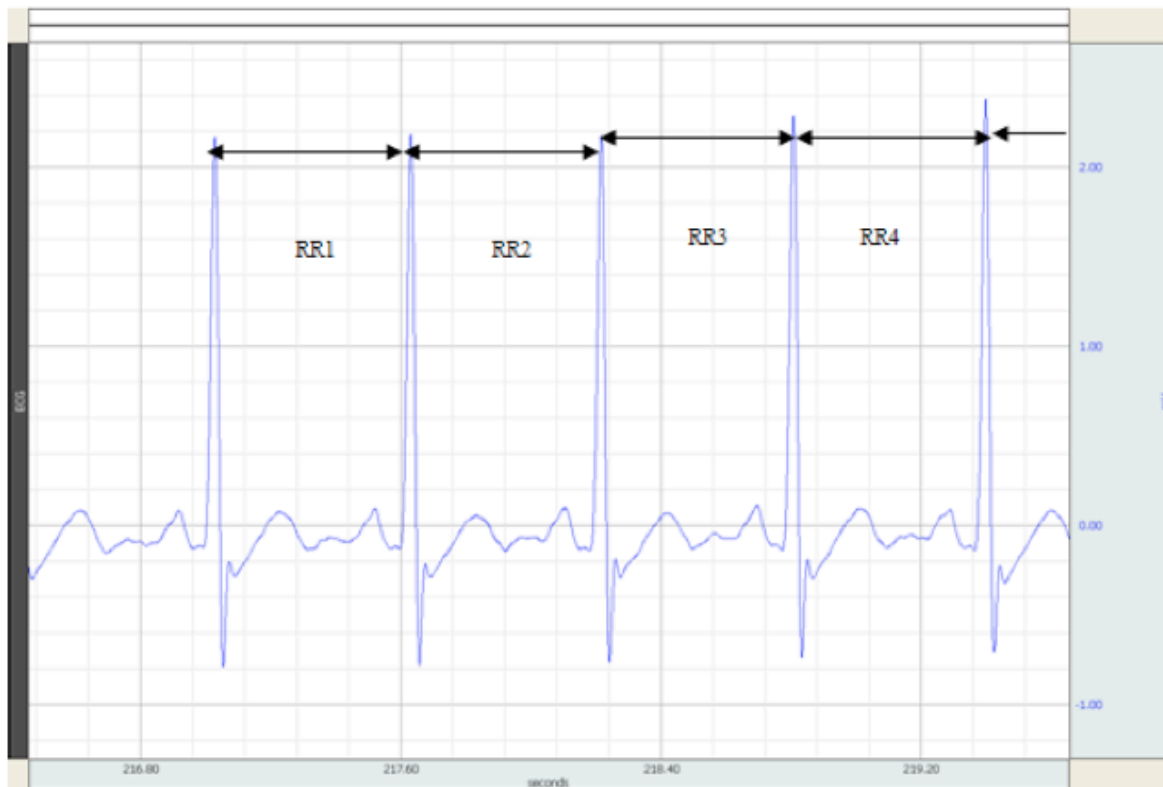
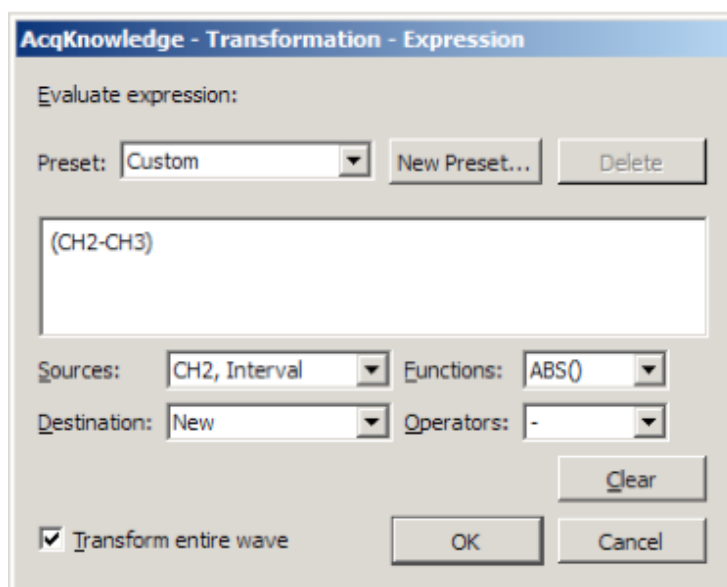
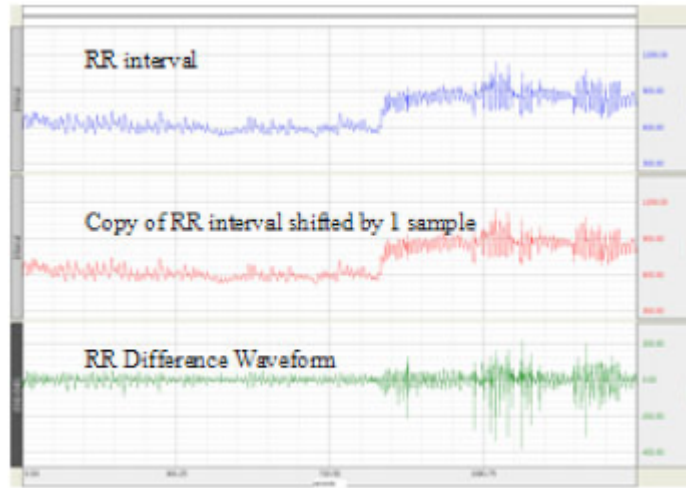


図 1 : SDSA の計算に使用される連続する RR 間隔

SDSA 指標の算出 :

1. **RMSSD** セクションのパート 1 で使用された複製したチャンネルの R-R 間隔のグラフを選択します。(見やすくするために、Alt+クリックして選択することによって前のセクションで使用された SQR チャンネルを非表示にします。)
2. 2つのチャンネル間 (オリジナル-複製) の差分を求めるには、式ツールを使用します。
 - [Transform] > [Expression] を選択します。
 - 式の欄に (CH2-CH3) を入力します。(もしくは、元の、及び複製した R-R 間隔を含んでいる任意のチャンネル番号を入力します。これらは例と異なる場合があります。)
 - Destination : **New**
 - **OK** をクリックします。





3. R-R 間隔のチャンネルの垂直軸単位を、“V” から “msec” へ変更します。（単位のテキストダイアログを開くには、差分チャンネルの単位ラベルをクリックしてください。）

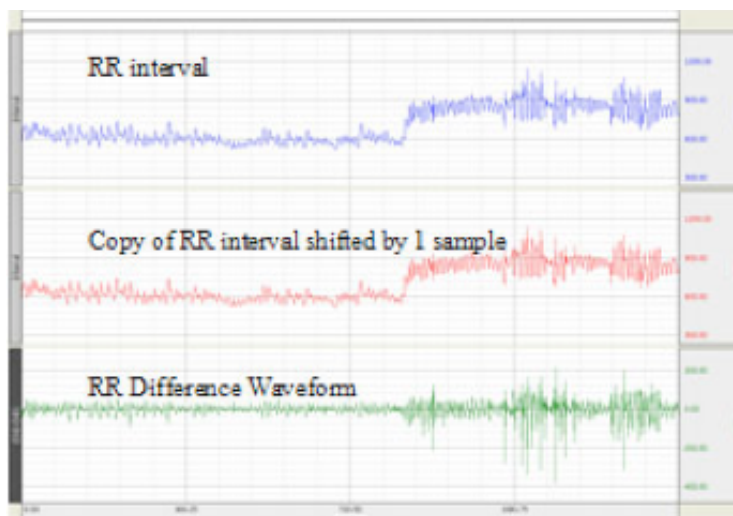
4. 差分波形を メジャメントに設定し、[Edit]>[Select All]を選択します。
結果：SDSD=Stddev

NN50 総数

pNN50

NN50 総数は、50ms 以上の異なる隣接する NN 間隔のペア数です。この値は、R-R 間隔のグラフと間隔のコピーにシフトした 1 サンプルの間の差によって作成された波形を使用することで得ることが可能です。

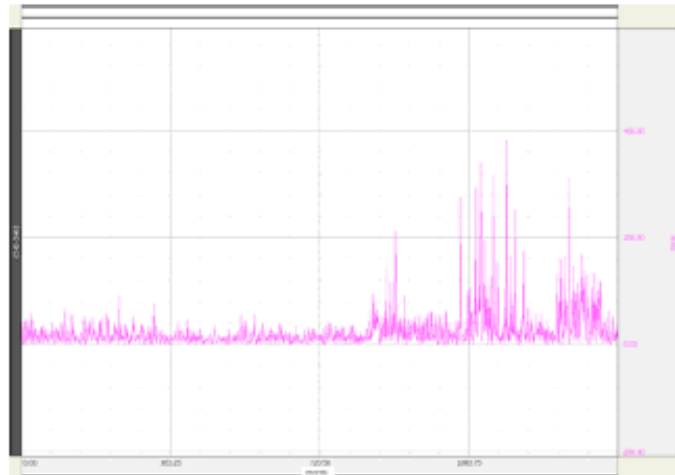
1. NN50 総数を算出するには、ページ 11 のステップ 2 で作成された R-R 差分波形を使用します。



2. 以下の手順を実行します：

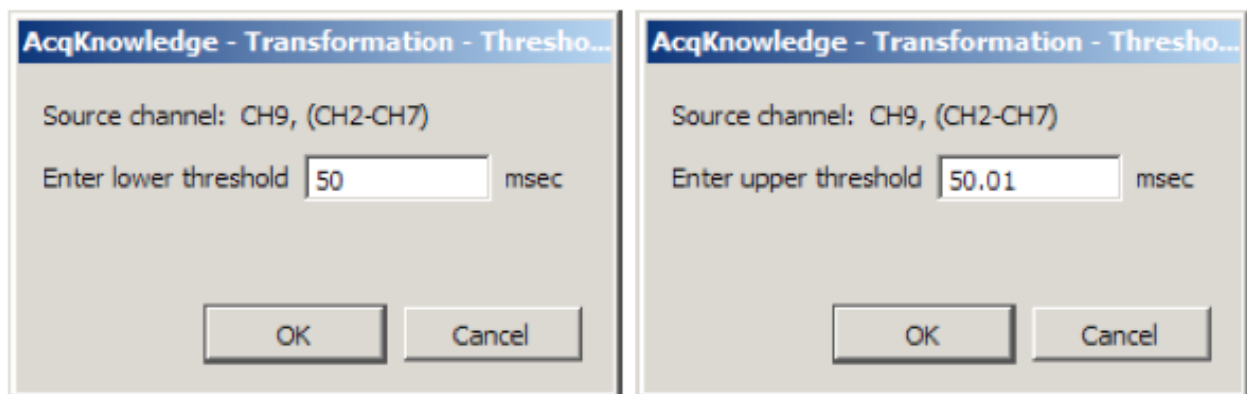
- R-R 差分波形を複製します : [Edit] > [Duplicate Waveform]
- 複製した波形を全て選択します : [Edit] > [Select All]
- 絶対値を求めます : [Transform] > [Math Function] > [Abs]

結果として生じる波形は、以下の図に類似しているはずです :



R-R 差分波形の絶対値

3. 50 ミリ秒以上のピーク値がいくつあるか数えるには、閾値の変換を適用します。 ([Transform] > [Math Function] > [Threshold])



4. オートスケール後、波形は閾値が 50 ミリ秒を越えるか 0 でない限り、1 の最大値で一連のスパイクを表示します。以下の図は幅を拡大したものです。



5. 閾値チャンネルを選択してください。

- 一番上の最初の行のメジャメントを Area に設定します。
- [Edit] > [Select All] を選択します。
- エリア測定の結果は、50 ミリ秒以上のピーク数に反映します。

NN50 総数 = Area

Area = 145.00000

エリア測定適用後のピーク総数

6. サンプルの合計数を得るには、その他のメジャメントを ΔS に設定します。

Delta S = 1441 Samples

$pNN50 = 145 / 1441 * 100 = 10.06 \%$

アプリケーションノート 129 - パート 3 心拍変動

幾何学的指標

幾何学的指標は、正規分布に従うあらゆるヒストグラムの値において、長期記録（24 時間推奨）に最も適用できます。指標の包括的概観は、ガイドラインに提供されています：Heart Rate Variability, European Heart Journal (1996) 17, 354-381, <http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/17/3/354.full.pdf>

HRV 三角指数

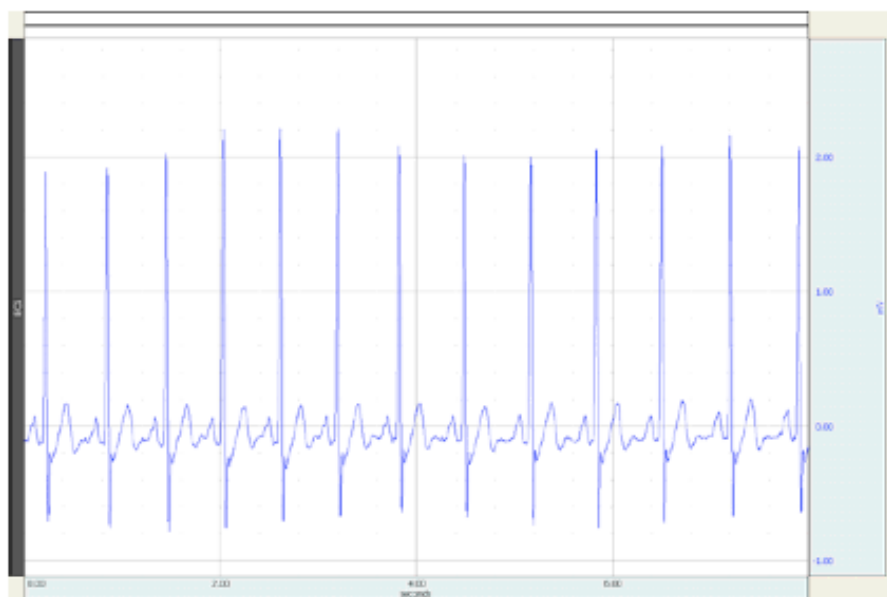
TINN - NN の三角補間

離散スケールを使用すると、メジャメントは次の様に近似されます：

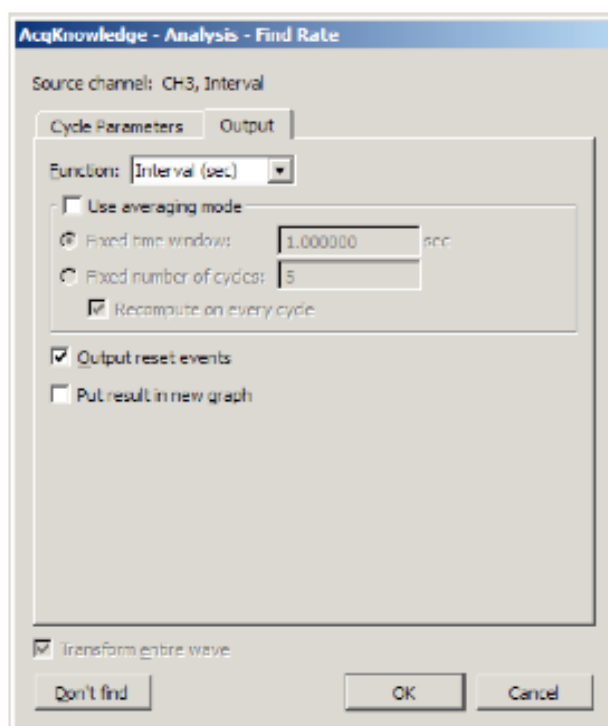
$$(\text{NN 間隔の合計数}) / (7.8125\text{ms のビンを使用する全ての NN 間隔のヒストグラムの高さ})$$

注：ほとんどの経験は、現在の業務用機器（ガイドライン：心拍変動）の精度に対応する約 8ms（正確には 7.8125ms=1/128 秒）のビン長で得られます。以下のステップで指数を決定するための手順の概要を説明します。

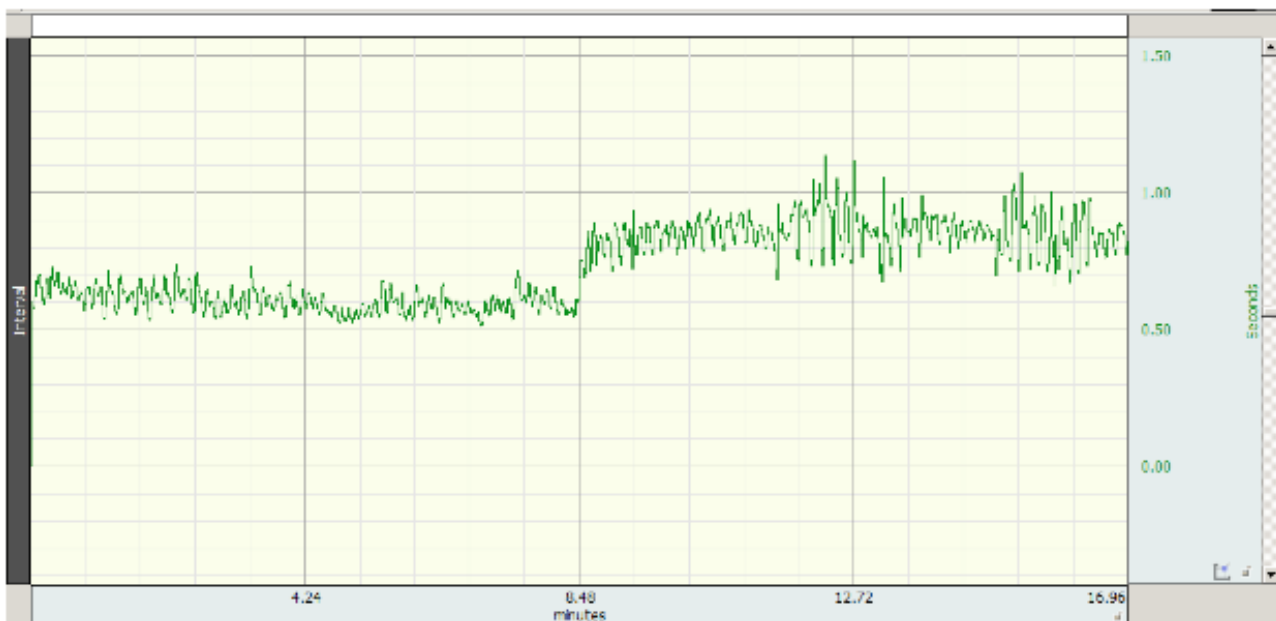
1. ECG 波形を記録します。



2. この波形を他のチャンネルに複製し、そのチャンネルを選択します。
3. [Analysis] > [Find Rate] を選択し、出力関数を “Interval” に設定します。
4. 新しいチャンネルに R-R 間隔を出力するには、OK をクリックします。

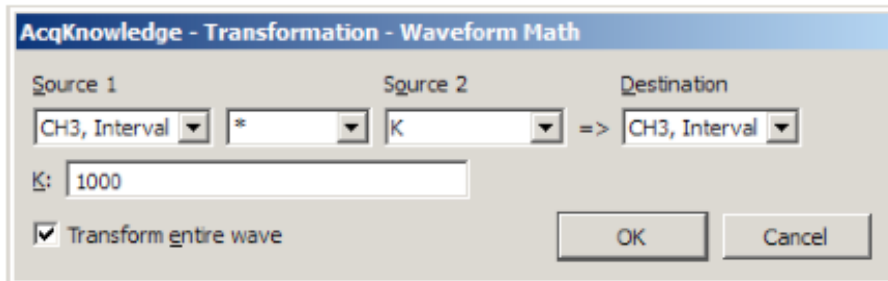


5. オートスケールをし、R-R 間隔のチャンネルを選択します。

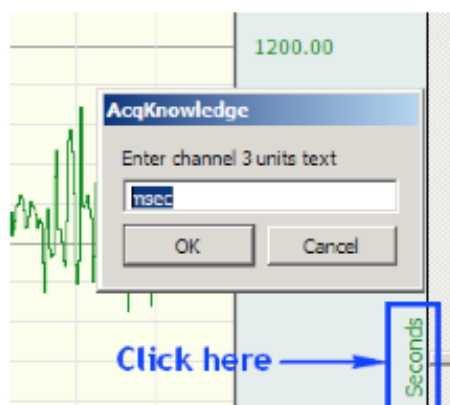


6. [Transform] > [Waveform Math] を使用して、秒の振幅スケールからミリ秒にグラフを変換します。


- ソース 1、および目的として間隔チャンネルを設定します。
- オペランドを*、ソース 2 を K に設定します。
- K の値を 1000 に設定し、OK をクリックします。




7. 波形をオートスケールし、スケール単位を“msec”に変更します。(単位のテキストダイアログを開くには、“Seconds”ラベル上でクリックします。)



8. 最初のいくつかのデータポイントがアーチファクトで破損している疑いがある場合、必要な限り多くのポイントでハイライトするには選択ツールを使用し、その後[Edit]>[Cut]を使用して波形からそれらのポイントを削除します。

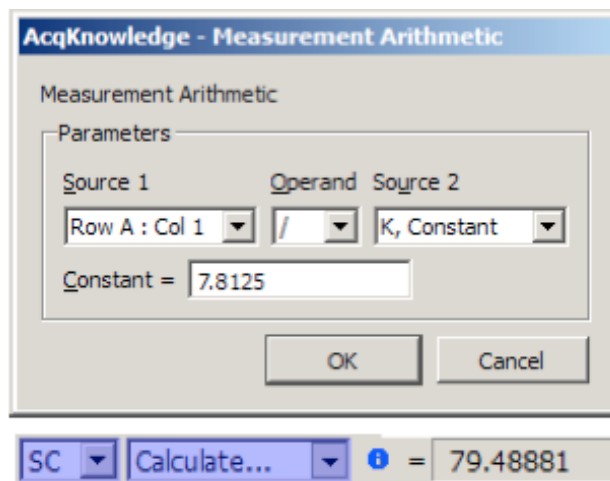
- グラフの開始時のデータを正確に確認するには、ズームツール  を使用します。(確認後、元のスケールに戻します。)

9. 波形全体をハイライトするには、[Edit]>[Select All]を選択します。

- メジャメントを P-P に設定します。 
- その他のメジャメントを Samples または ΔS に設定します。
(三角指数計算で使用されます→NN 間隔の合計数)

10. メジャメントを Calculate に設定し、以下のパラメータを制定します：

- ソース 1=Row A : Col 1 (または P-P メジャメントに対応する位置)
- 演算子=/
• ソース 2=K、Constant
• Constant=7.8125
• OK をクリックします。



ヒストグラムにおける “7.8125” ms のビン数を表示する計算値

11. [Analysis]>[Histogram]を選択します。

- “Calculate” にて算出した値を入力し、“Autorange” にチェックを入れてください。
- OK をクリックします。

AcqKnowledge - Analysis - Histogram

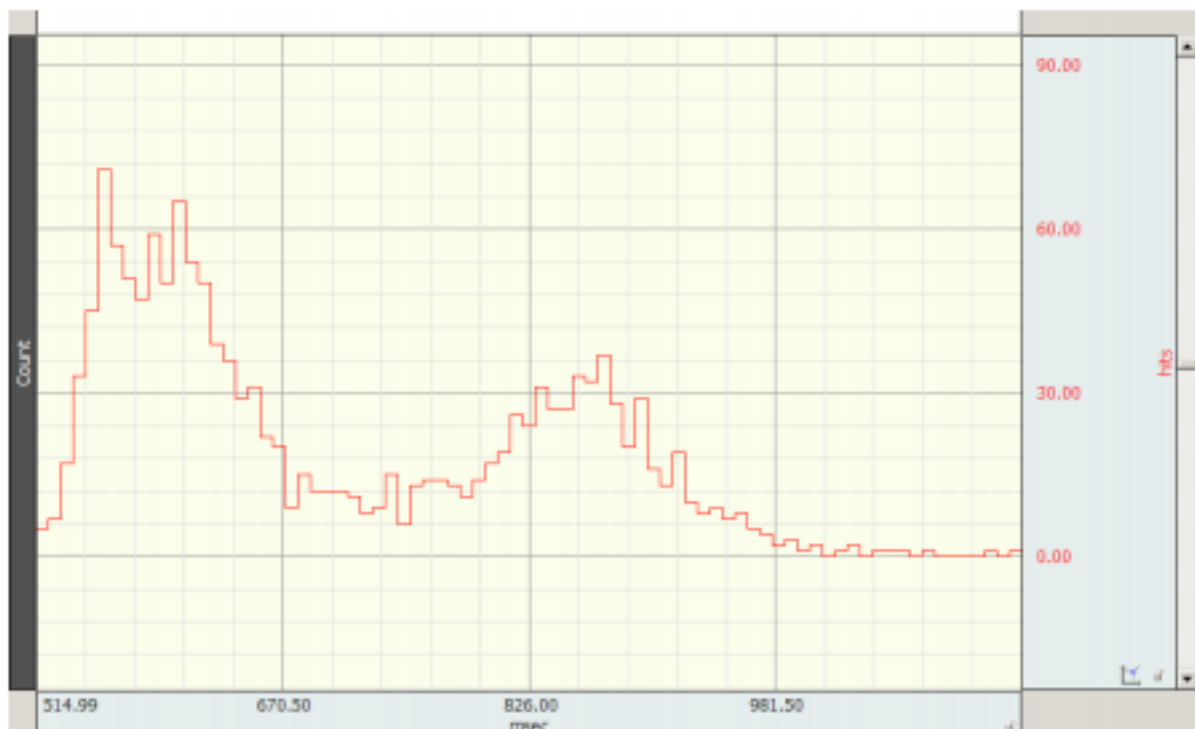
Source channel: CH3, Interval

bins Autorange

Highest bin: msec

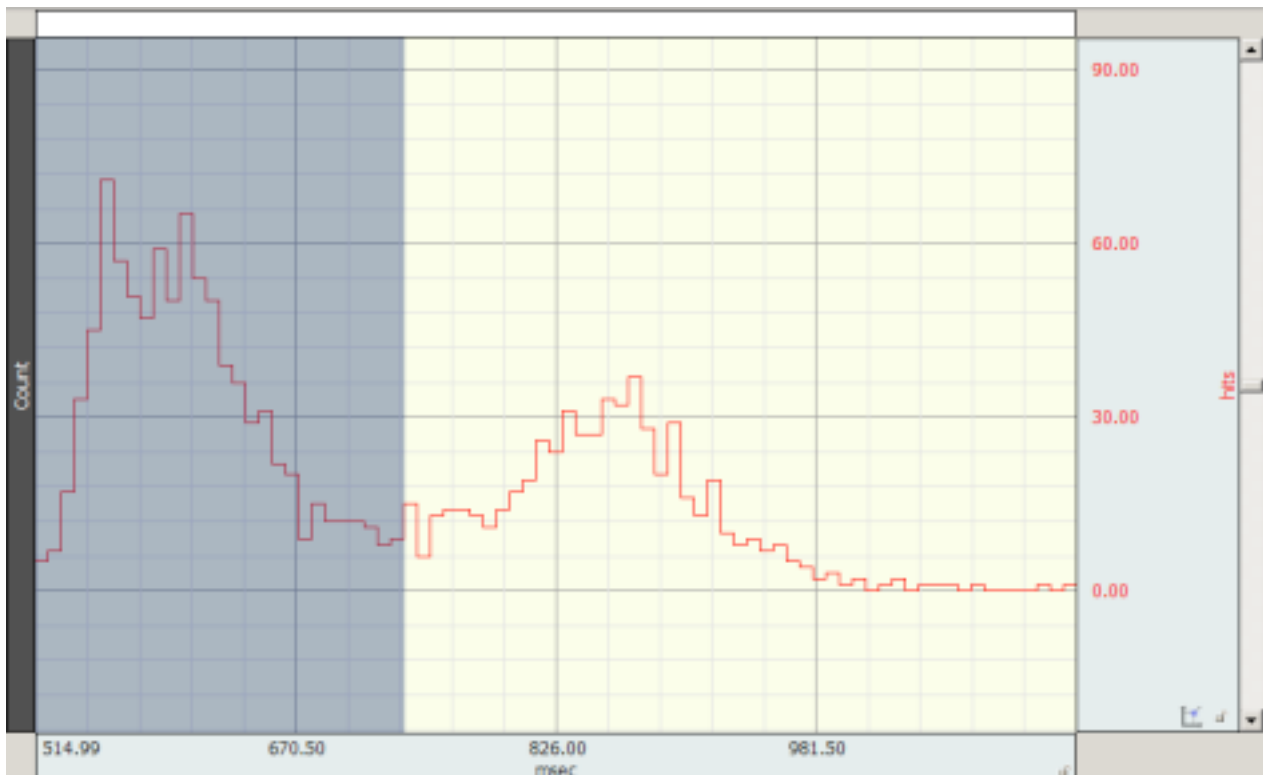
Lowest bin: msec

Transform entire wave



R-R 間隔の例からのヒストグラム出力

12. I-ビームツールを使用して、曲線の最大値を取込むために正規分布での初期増加ポイントと、(ベースラインまたはフラットラインへ戻る) 減少の最後の間の領域をハイライトします。

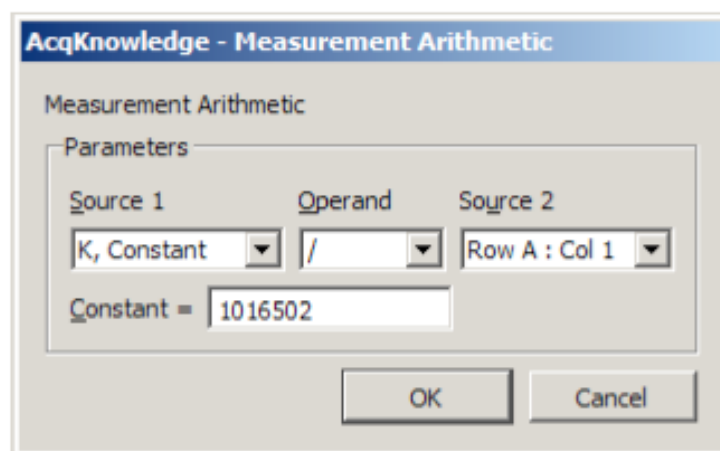


13. ヒストグラムグラフの範囲で：

- 最初の行のメジャメントを **Max** に設定します。
- その他のメジャメントを **Calculate** に設定します。

14. **Calculate** に関して、以下のパラメータを設定します：

- ソース 1=K、Constant
- 演算子=/
- ソース 2=Row A : Col 1 (または **Max** メジャメントに対応する位置)
- Constant=ソースグラフ (=1016502) からのサンプルまたは ΔS 値



SC Calculate... = 25.41122

(NN 間隔の合計数) / (7.8125ms 瓶を使用する全ての NN 間隔のヒストグラムの高さ)

$$\text{三角指数} = 1016502 / 40002 = 25.41$$