

アプリケーションノート 118: EMG 周波数解析

このアプリケーションノートでは、EMG 信号に含まれるパワースペクトルから生じる複数の測定値をどのように算出するか説明します。算出される測定値は：

名称	省略形	説明	単位
中央周波数	MedianF	エリア内の合計パワーが 50%に達した時の周波数	Hz
平均周波数	MeanF	エリア内の平均パワーに達した時の周波数	Hz
ピーク周波数	PeakF	エリア中に最大パワーが生じた時の周波数	Hz
平均パワー	MeanP	エリア内でのパワースペクトルの平均パワー (単位注意：V は、EMG が記録された電圧の単位に置換されます。)	V ² /Hz
合計パワー	TotalP	エリア内でのパワースペクトルの全ての周波数のパワーの合計 (単位注意：V は、EMG が記録された電圧の単位に置換されます。)	V ² /Hz

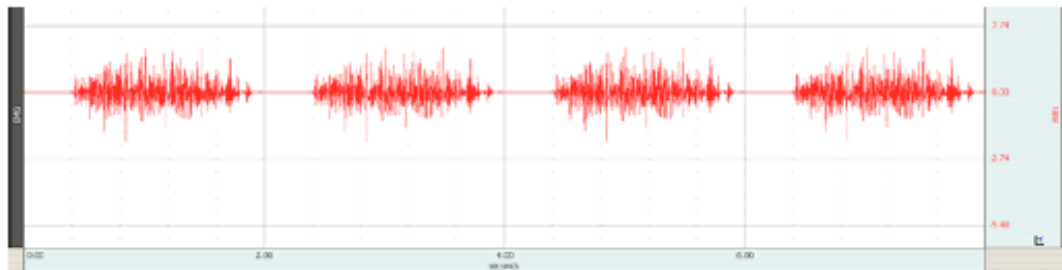
これらの測定値を抽出するには 2 つ方法があります。

- **自動解析** — Windows は AcqKnowledge4.0 以上、または Mac で 3.9.2 以上のソフトウェアを使用して、自動化された方法で測定値を算出することが可能です。
- **手動解析** — 上記以前のソフトウェアを使用している場合、4 ページからの「手動解析手順」をご参照ください。

パート I. 自動評価 (Windows で 4.0、または Mac で 3.9.2 以上の AcqKnowledge が必要となります。)

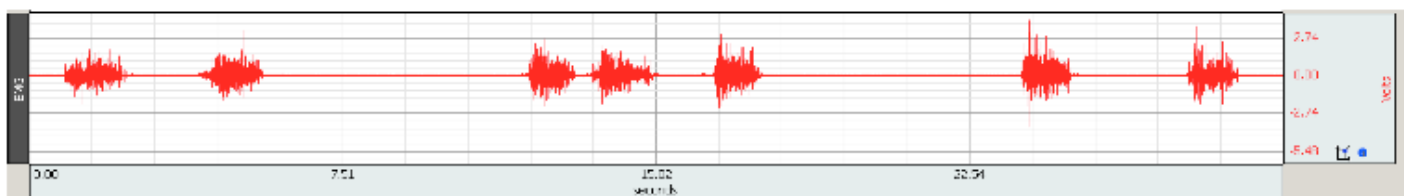
AcqKnowledge は、自動化された EMG 周波数パワー解析のためのツールを含みます ([Analysis] > [Electromyography] > [EMG Frequency and power analysis] を選択します)。アルゴリズムに関する詳細な説明は、ソフトウェアマニュアルをご参照ください。 ([Help] メニューから参照できます)

EMG 周波数パワー解析機能は、中央周波数、平均周波数、ピーク周波数だけでなく、平均パワー、合計パワーも算出しますが、これはユーザーが指定した範囲を対象に行われます。対象となる各筋電活動が完全に間隔を空けて (例えば、被験者が 2 秒ごとに運動反応を起こすように刺激された場合など) 生じる場合に正常に動作します。筋電活動が同じ間隔で記録されている場合 (各 EMG 活性間にちょうど 2 秒あります) は、以下のようになります：



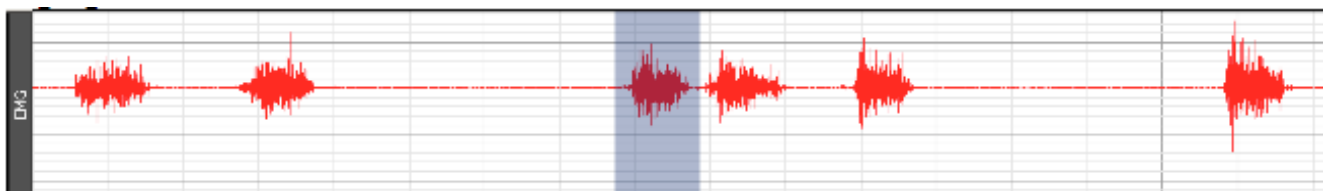
EMG 周波数パワー解析の機能を使用し、エポック間隔を 2 秒に設定すると、筋活動データから 2 秒間隔ごとに測定値を算出します。

しかし、実験によっては EMG データから、特定の筋活動のみ、または間隔が一定でない複数の筋活動を解析する必要があります。(以下のスクリーンショット参照) これらのケースでは追加の手順が必要となります。



ケース A：特定の筋活動からの算出手順

1. 対象となる筋活動の範囲を I ビームツールを使用して選択します：



2. [Edit] > [Copy] を選択します。
3. [File] > [New...] > [Graph window] を選択します。
4. [Edit] > [Paste] を選択します。ファイルにコピーしたデータのみが貼り付けられます。:



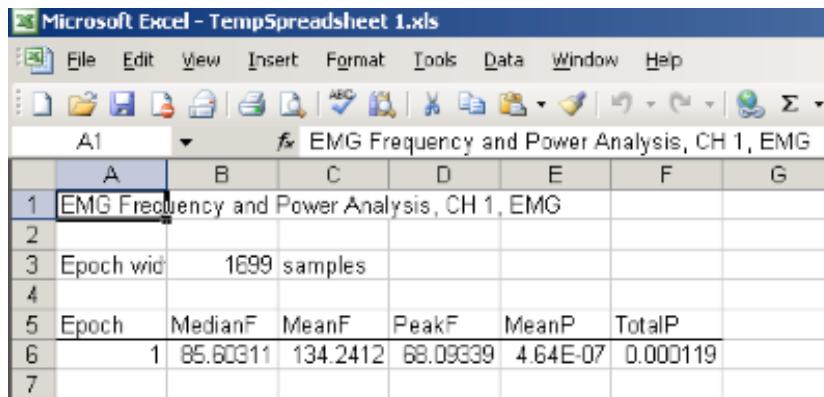
5. [Edit]>[Select All]を選択し、メジャメントボックスを ΔT に設定し、値をメモします。



6. [Analysis]>[EMG Frequency and power analysis]を実行します。

- a. エポック間隔の入力を求められたら、先ほどの ΔT の値を入力します。
- b. 解析結果は、全データの時間と同じ期間である1エポックで構成されているので、ソフトウェアは、1回の筋活動の測定値を次の設定で出力します。
- c. [Analysis]>[Electromyography]>[Preferences]に進み、解析の出力タイプを選択してください。

例：Excel 出力は以下のようになります：

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled 'TempSpreadsheet 1.xls'. The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G
1	EMG Frequency and Power Analysis, CH 1, EMG						
2							
3	Epoch wid	1699	samples				
4							
5	Epoch	MedianF	MeanF	PeakF	MeanP	TotalP	
6	1	85.60311	134.2412	68.09339	4.64E-07	0.000119	
7							

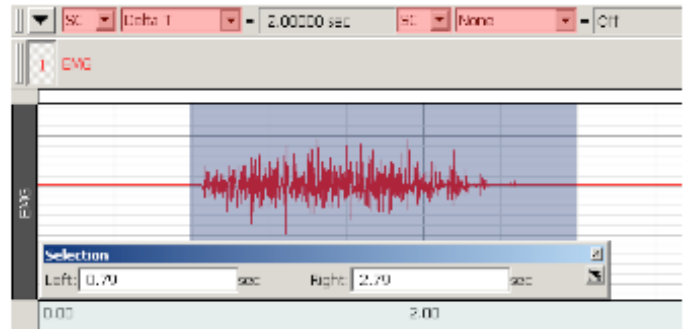
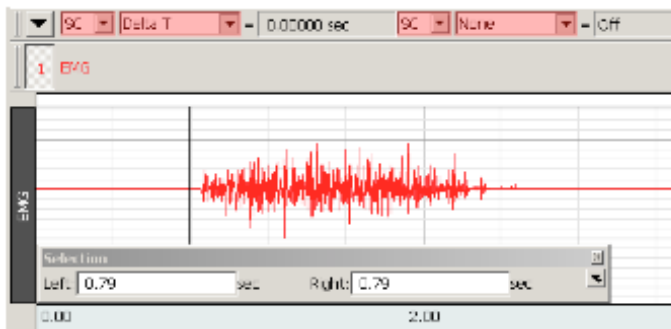
ケース B：複数の筋活動からの算出手順

これはケース A（上記）と類似しています。

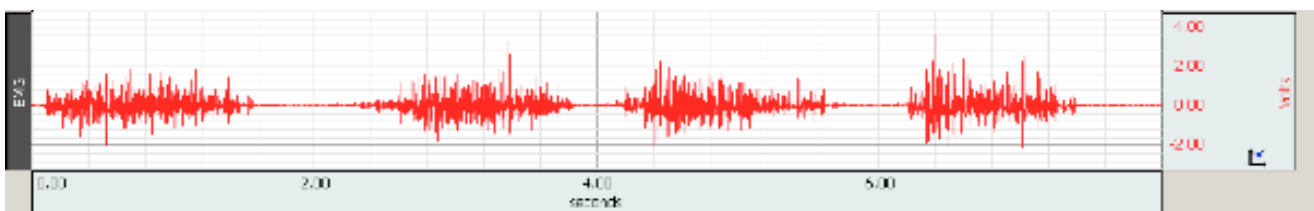
1. エポック間隔を決定します—解析を行う範囲内を分割する時間間隔。
 - これは全ての解析範囲に適用されますので、最も長い期間の筋活動と最低でも同じ長さになる間隔を選択してください。この例では、2秒のエポック間隔が選択されていると仮定します。
2. ΔT （ハイライト部分の範囲）が2秒になるように、最初の対象の筋活動の範囲をIビームツールを使用して選択します。
 - 効率的に範囲を選択できる様に、セレクションパレットを使用します（[Display]>[Show]>[Selection palette]）：
 - a.) 筋活動の開始位置で左クリックしてI-バーを配置します。
 - b.) セレクションパレットの右の値を現在の値に2を足したものに変更します。（これは選択範囲の右端の値です）

c.) キーボードの [タブ] キーを押します。

この場合、0.79 秒から 2.79 秒に変更します。ちょうど 2 秒間のデータを選択できます。



3. [Edit] > [Copy] を選択します。
4. [File] > [New(New Graph option)] を選択します。
5. [Edit] > [Paste] を選択すると、ファイルにコピーしたデータのみが貼り付けられます。
6. 解析を行う EMG データ（筋活動を含む 2 秒間）を手順 2, 3 を繰り返して、手順 4 で作成したファイルへ貼り付けてください。新しいファイルにデータをコピー、ペーストした結果は下図を参照してください。



7. [Analysis] > [EMG Frequency and power analysis] を実行し、エポック間隔を 2 秒に設定します。
 - 解析結果は、全データをエポック間隔毎に解析した値で構成されています。4 回の筋活動の測定値を Excel に出力した例は下図を参照してください。 :

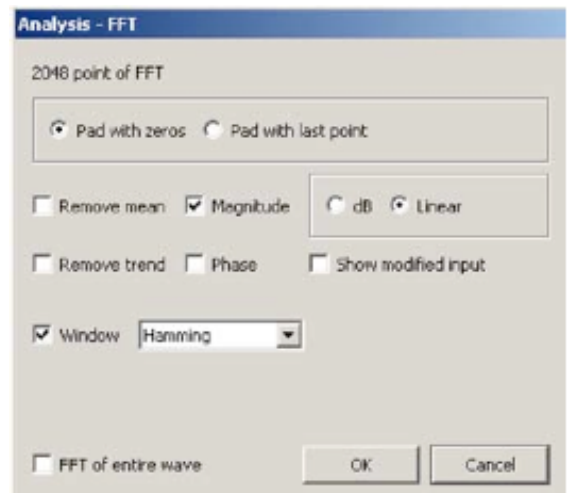
Microsoft Excel - TempSpreadsheet 2.xls						
EMG Frequency and Power Analysis, CH 1, EMG						
Epoch	MedianF	MeanF	PeakF	MeanP	TotalP	
1	93.38521	143.9689	93.38521	2.96E-07	7.61E-05	
2	89.49416	142.0233	50.58366	3.59E-07	9.23E-05	
3	89.49416	138.1323	83.65759	3.62E-07	9.31E-05	
4	91.43969	140.0778	81.71206	4.36E-07	0.000112	

パート II. 手動評価 (AcqKnowledge の古いバージョン)

古いバージョンの AcqKnowledge では、各筋活動における中央値、平均値、ピーク周波数および、平均パワー、合計パワーが手動で求められます。

1. 対象となる筋活動の範囲を I ビームツールを使用して選択します。

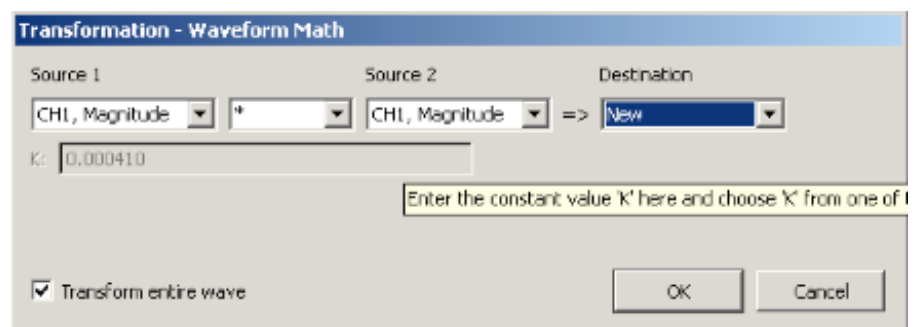
2. [Transform] > [FFT] を選択し、以下の設定を行います。:
Pad with zeros, Magnitude, Linear, Windows : Hamming



3. 周波数解析の結果として、マグニチュードの新しいグラフが作成されます。

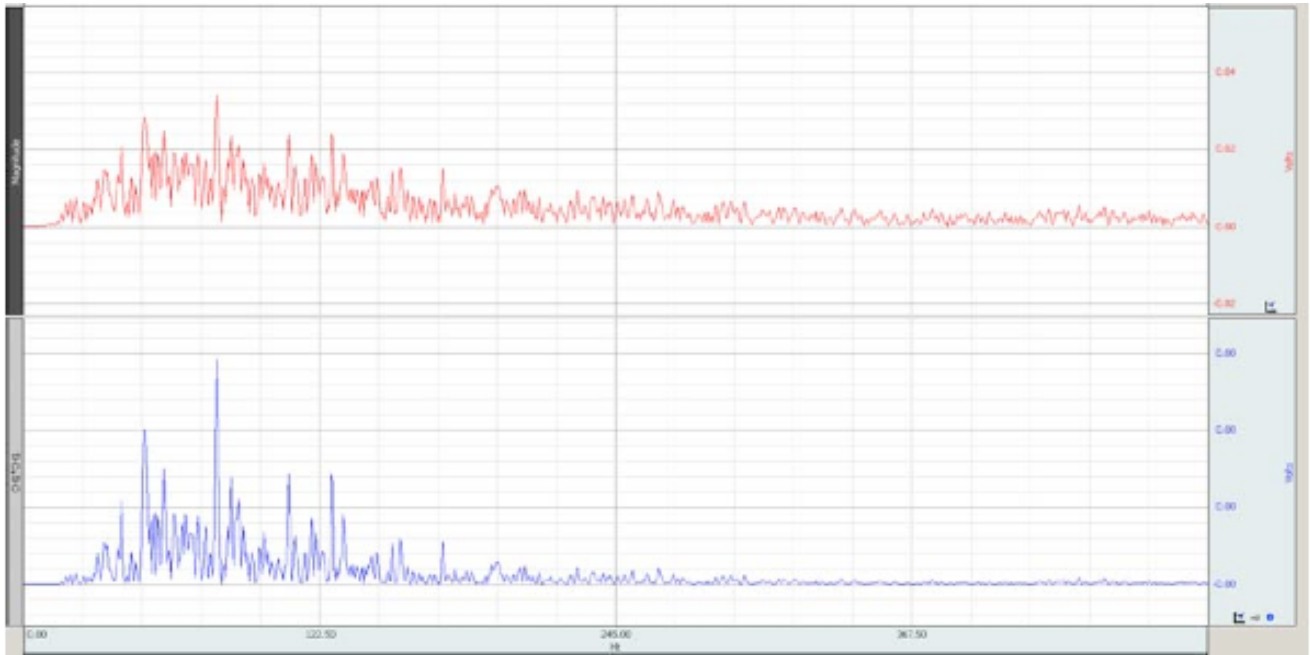


4. 2 乗したマグニチュードのグラフへ変換するには、
[Transform] > [Waveform Math] を選択し、次のパラメータ (CH1 Magnitude × CH1 Magnitude => New) を入力し、OK をクリックします。



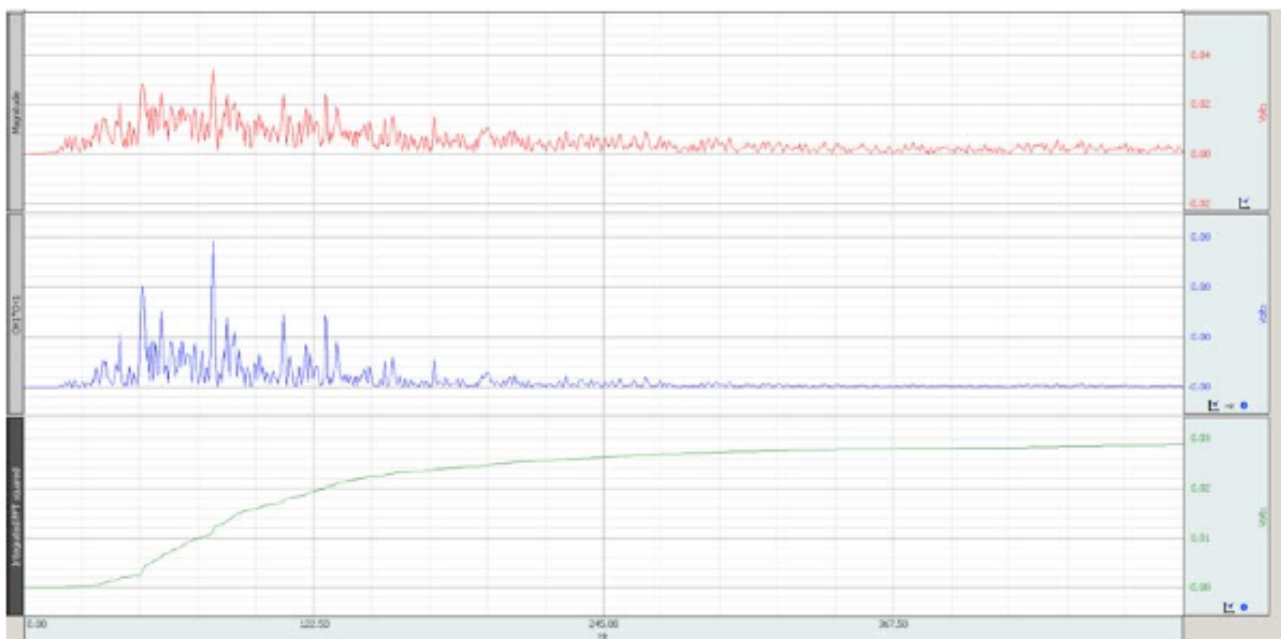
5. 計算の結果が新しいグラフチャンネルとして追加されます。上のチャンネルは FFT マグニチュード (ch1) を表示し、下のチャンネル (ラベル表示 CH1*CH1) は 2 乗した FFT マグニチュード (ch2) となります。

- チャンネルのスケールを調整する場合は [Display] > [Autoscale Waveforms] を選択してください。



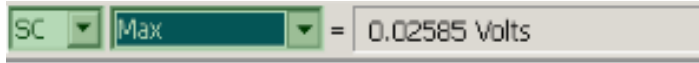
6. 2乗したFFTチャンネルの積分を作成します。

- a.) 下のチャンネルを選択し、[Edit]>[Duplicate waveform]を選択します。
- b.) 追加された新しいチャンネル(ch3)を選択します。（グラフウィンドウはch3となり、下のチャンネルを選択してください。）
- c.) [Transform]>[Integral]を選択します。
- d.) [Display]>[Autoscale Waveforms]を選択します。

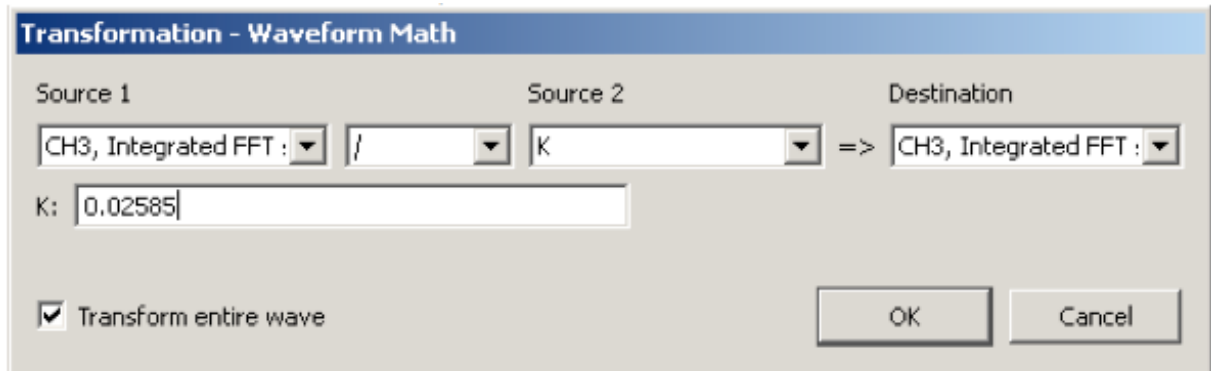


- e.) (CH1*CH1 と表示されている) ラベル上でダブルクリックをしてチャンネルラベルを変更し、“Integrated FFT squared” を入力します。

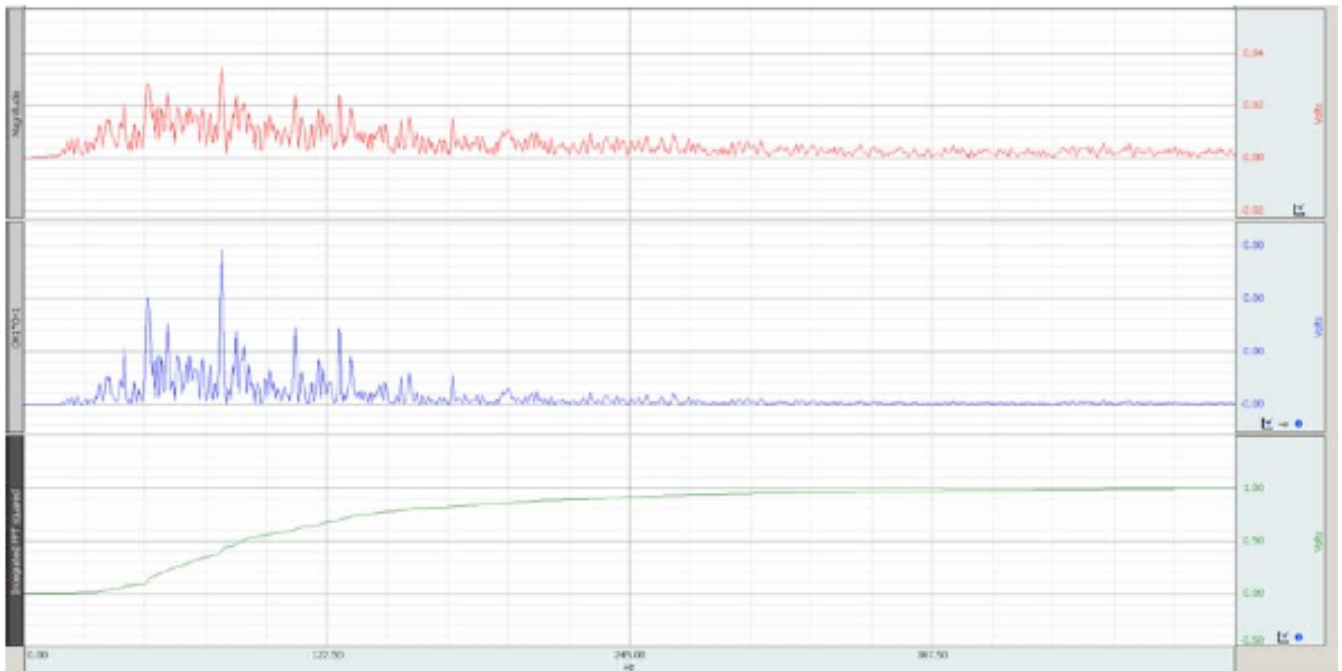
7. Integrated FFT squared チャンネルを正規化します。
 - a.) 積分した FFT チャンネル(ch3)を選択します。
 - b.) [Edit]>[Select All]を選択します。
 - c.) メジャメントボックスを MAX に設定し、値をメモします。下図と類似した値でなければなりません：



8. [Transform]>[Waveform Math]を選択し、次のパラメータ (CH3/K=>CH3) を入力します。K は手順 7 で求めた値を入力し、[OK]をクリックします。



9. [Display]>[Autoscle Waveforms]を選択すると、画面は下図に類似するはずです：

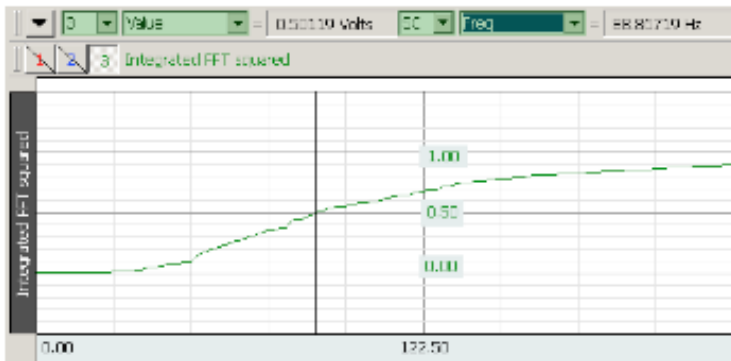


10. メジャメントボックスの設定を行います。
 - 以下の手順は、どのように各メジャメントを取得するのかを説明しています。(括弧内に示される単位で測定結果を記録します。)
 - **重要**—異なる筋活動の例と平均パワーと合計パワーを比較する場合、それぞれ同じエポック間隔に合わせるか、正規化を行ってください。
 - [Edit]>[Journal]>[Paste Measurements]の手順で、ジャーナルにメジャメント結果を記入できます。

中央周波数 (Hz)

定義：エポック内の合計パワーが 50% に達した時の周波数。

メジャメントボックスを [CH3, Value]、[SC, Freq] に設定します。Value が 0.5 の位置にカーソルを置きます。周波数の測定結果が中央周波数となります。



平均周波数 (Hz)

定義：エポック内の平均パワーに達した時の周波数。

メジャメントボックスを [CH3, Mean]、[SC, Freq] に設定します。[Edit] > [Select All] を選択します。平均値の測定結果をメモします（例では、0.76293V となっています）。



その他のメジャメントボックスを [CH3, Value] に設定します。（平均値測定結果で示されているように）Integrated FFT squared 波形 (CH3) の 0.76293V の位置に I-バーを正確に配置します。I-バーはキーボードの矢印キーを使用して左右に移動できます。Freq の値が平均周波数となります。

ピーク周波数 (Hz)

定義：エポック内で最大パワーが生じた時の周波数。

メジャメントボックスを CH2 (2 乗した FFT チャンネル)、Max F に設定します。[Edit] > [Select All] を選択します。Max F の値がピーク周波数となります。

平均パワー (V²/Hz)

定義：エポック内でのパワースペクトルの平均パワー。

単位注意：V は、EMG が記録された電圧の単位に置換されます。

メジャメントボックスを [CH2 (2 乗した FFT チャンネル), Mean] に設定します。[Edit] > [Select All] を選択します。Mean の値が平均パワーとなります。

合計パワー (V²/Hz)

定義：エポック内でのパワースペクトルの全ての周波数のパワーの合計。

単位注意：V は、EMG が記録された電圧の単位に置換されます。

メジャメントボックスを [CH2 (2 乗した FFT チャンネル), Integral] に設定します。[Edit] > [Select All] を選択します。Integral の値が合計パワーとなります。