

# ポータブル FFT アナライザ CF-9200/9400

インパルスハンマを使った  
インパクト加振による周波数応答計測



## 目次

### 1 はじめに

### 2 準備機材

### 3 機器の準備

3-1. CF-9200/9400 との接続

3-2. CF-9200/9400 の設定

3-3. 動作の簡易確認

3-4. 窓関数の設定

3-5. 動作確認

3-6. トリガ機能の設定

3-7. 周波数レンジ、平均化の設定

3-8. 加振帯域の確認

### 4 打撃試験

4-1. 画面数と表示内容

4-2. 本打撃試験

### 5 解析

5-1. コヒーレンス関数（Coherence COH）の確認

5-2. ボード線図の表示①

5-3. ボード線図の表示②

5-4. ナイキスト線図の表示

### 6 データ保存

### 7 その他 校正作業

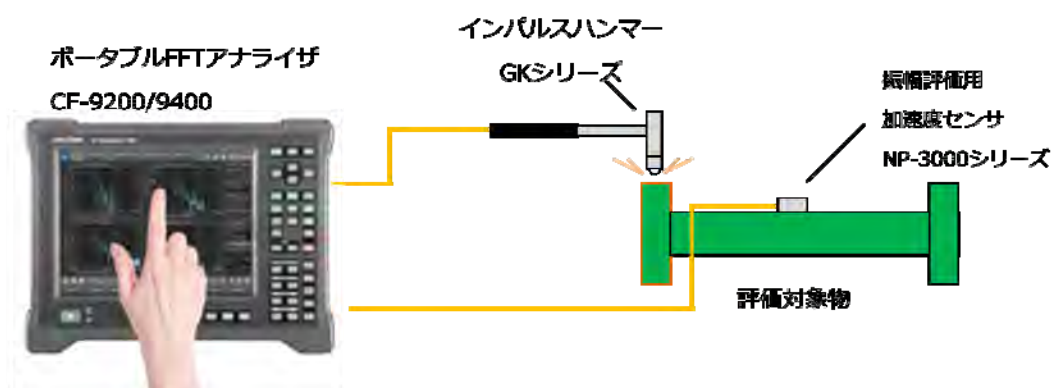
### 【Appendix】

## 1. はじめに

ポータブルFFTアナライザ CF-9200/9400、インパルスハンマ(GKシリーズ)、加速度センサ(NP-3000シリーズ)を使う事で評価対象の固有振動数を評価する事ができます。

インパクト加振による周波数応答計測は、インパルスハンマで評価対象を打撃する事で広帯域に振動を生じさせ、目的箇所が生じる振幅をセンサで検出。ハンマの加振力と検出した振幅をFFTアナライザCF-9200/9400を使って解析する事で、対象の固有振動数や振幅など振動特性を評価する手法です。

こういった手法で振動モードパラメータを求める方法を実験モード解析と呼びます。



CF-9200/9400 を使った、加振制御計測の構成 (例)

## 2. 準備機材

### ■ポータブル FFT アナライザ

CF-9200/9400

※特にオプションを必要としません。

### ■インパルスハンマ

GK シリーズ (GK-4110G10/3100/GK-2110) ※ここでは GK-3100 を使います。

### ■対象検出用・振幅検出器 (加速度 or 速度 or 変位センサ)

※本編では加速度センサ (NP-3000 シリーズ) を使います。

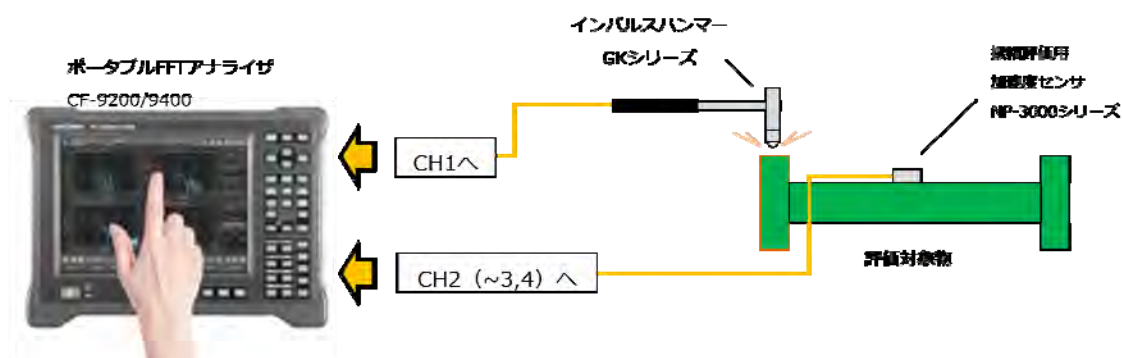
### ■評価対象の設置・懸架装置

※本編にて解説

### 3. 機器の準備

#### 3-1. CF-9200/9400 との接続

- 1) 加振用インパルスハンマを CF-9200/9400 側面の信号入力端子「CH-1」に接続します。
- 2) 振幅評価用の加速度センサを「CH-2 (～CH-3, 4)」に接続します。



CF-9200/9400加振機の接続（例）

#### 3-2. CF-9200/9400 の設定

ここでは FFT アナライザを専用モードに切替えて、各種セッティングを行います。

##### 1) CF-9200/9400 の起動

POWER ON（電源）スイッチを 1s 以上長押しします。

※POWER OFF（電源 OFF）は [ピッ] と音が出るまで長押しします。

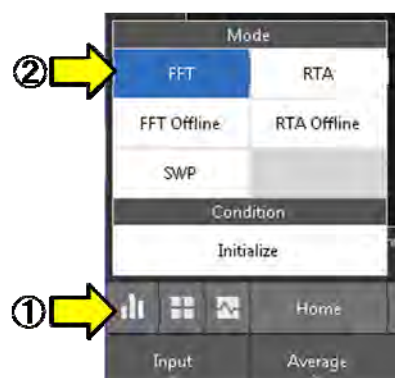
（注意）電源ボタンを長く押しすぎると強制シャットダウンになります。

##### 2) FFT モードの選択と起動

①モード切替えボタンをタップすると展開するメニューから、②モードを切り替えます。

FFT およびFFT Offline は標準で搭載されています。

【FFT】をタップしてFFTを起動します。



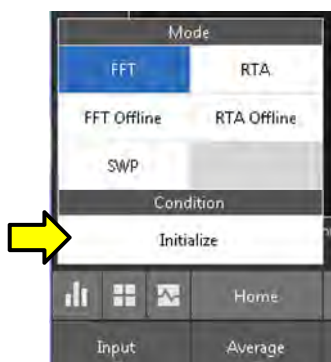
### 3) 新規プロジェクトの立ち上げと設定

ここでは新たに計測設定を行うので新規プロジェクトを起動します。

新規プロジェクトを起動すると、CF-9000 シリーズのすべての設定条件も初期設定状態に戻ります。

※ただしメモリの保存されているデータは消去されません。

画面左下の【モード切替えボタン】をタップすると展開するメニューから【Initialize】をタップします。新規にプロジェクトを起動する場合は、表示される設定確認用メッセージダイアログボックスの【OK】をタップします。Cancel をタップすると新規プロジェクトの起動を中止します。



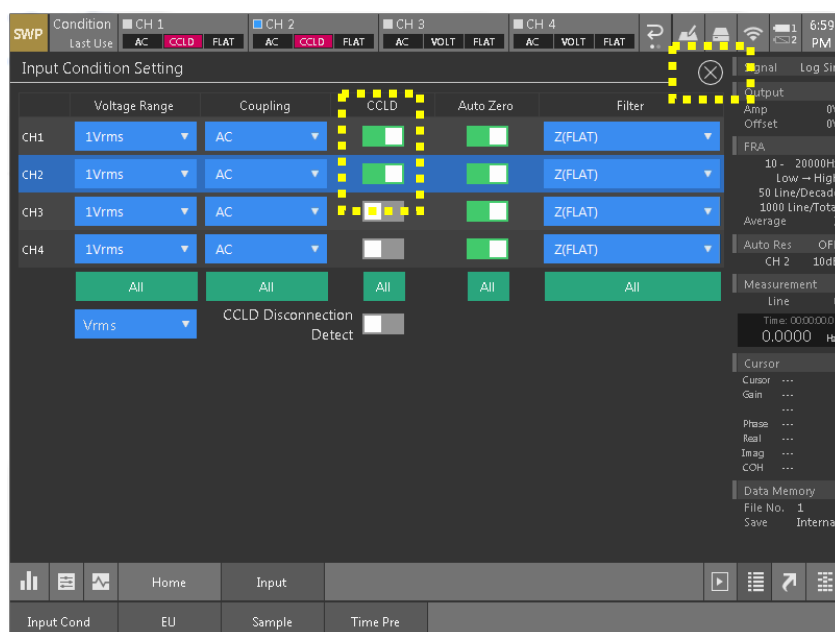
### 4) CF-9200/9400 に接続したインパルスハンマと加速度センサに電源電流を供給します。※

(※接続センサが TEDS センサの場合、この作業は不要です。)

ソフトキー：【Home】 > 【Input】 > 【Input\_Cond】

インパルスハンマと加速度検出器が接続されているチャンネルの「CCLD (切替え)」をタッチし、センサ駆動用定電流による加速度センサの駆動を開始します (CCLD)。

※CCLD：定電流駆動 (Constant Current Line Drive)



◎この作業が終わったら、×でダイアログを閉じます。

## 5) 接続センサの単位校正の実施

CF-9200/9400 に接続しているインパルスハンマと加速度センサの物理量 (EU) と電圧 (V) の関係を入力します。

### 【校正方法 「出荷特性表」による校正】

使用する「インパルスハンマ」と「加速度センサ」に添付の検査表より電圧：物理値の感度を調べます。

#### ・インパルスハンマ (GK-3100) の電圧感度

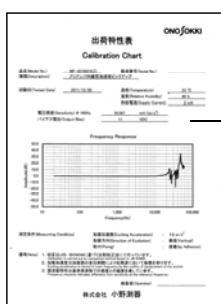
2.27 mV/N (加振力 1 N (ニュートン) あたりの電圧出力)

### HAMMER SENSITIVITY:

|                      |          |               |               |  |
|----------------------|----------|---------------|---------------|--|
| Hammer Configuration | Tip      | Plastic/Vinyl | Plastic/Vinyl |  |
|                      | Extender | None          | Steel         |  |
| Hammer Sensitivity   | mV/lb    | 10.08         | 10.65         |  |
|                      | (mV/N)   | 2.27          | 2.39          |  |

#### ・加速度センサ Above data is valid for all supplied tips. (NP-3000 シリーズ) の電圧感度

→10.097 mV/ (m/s<sup>2</sup>) (加速度 1 m/s<sup>2</sup> (メートル毎秒毎秒) あたりの電圧出力)



電圧感度(Sensitivity) @ 160Hz

バイアス電圧(Output Bias)

10.097 mV/(m/s<sup>2</sup>)

11 VDC

## ②CF-9200/9400 への単位名と感度の入力

電圧感度を CF-9200/9400 に入力します。

ソフトキー：【Home】 > 【Input】 > 【EU】

ダイアグラムが開いたら、

「EU」をタッチして校正を ON にし、単位名の入力と感度入力を行います。

・ CH1    **Unit\_Name**            : N                    ⇐インパルスハンマの単位名（ニュートン）を選択。

・ CH1    **EU\_Valu**                : 0.00227            ⇐CH1 接続センサの電圧感度を入力。

・ CH2    **Unit\_Name**            : m/s2    ⇐加速度センサの単位名（メートル毎秒毎秒）を選択。

・ CH2    **EU\_Value**              : 0.010097          ⇐CH2 接続センサの電圧感度を入力。

※CH3,4 に接続の場合も同じ作業を行います。

| Unit/Calib. |     | EU/SP     |              |         |               |        |         |  |
|-------------|-----|-----------|--------------|---------|---------------|--------|---------|--|
|             | EU  | Unit Name | EU Value     | EU Type | 0dB Reference | Offset | TEDS    |  |
| CH1         |     | N ▼       | 0.00227 ...  | V/EU ▼  | 1 ▼           | 0dB ▼  | Execute |  |
| CH2         |     | m/s2 ▼    | 0.010097 ... | V/EU ▼  | 1 ▼           | 0dB ▼  | Execute |  |
| CH3         |     | V ▼       | 1 ...        | V/EU ▼  | 1 ▼           | 0dB ▼  | Execute |  |
| CH4         |     | V ▼       | 1 ...        | V/EU ▼  | 1 ▼           | 0dB ▼  | Execute |  |
|             | All | All       | All          | All     | All           | All    |         |  |

◎この作業が終わったら、✕でダイアログを閉じます。

### 【校正方法 「TEDS」による校正】

CF-9000 シリーズは TEDS センサからのデータの読み込みと、自動的にセンサへの電源供給および単位校正が可能です。

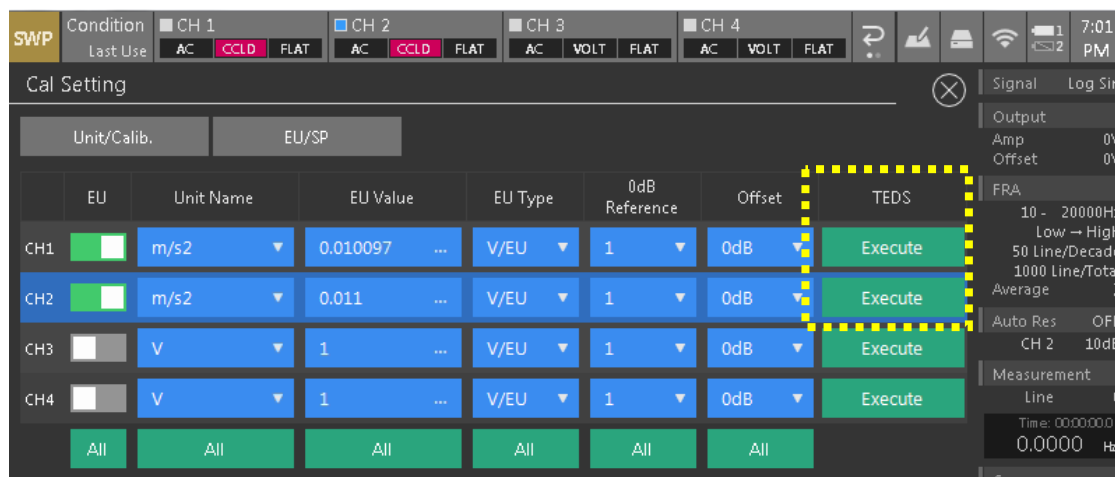
TEDS とは【Transducer Electronic Data Sheet】の略で、IEEE1451.4 で定義されているセンサ固有の情報を記述するフォーマットのことで、TEDS データが組み込まれたセンサは、センサ自身の感度や質量などのデータを接続された FFT に送信および認識することができ、単位校正作業を自動化できます。

1) TEDS センサが CF-9200/9400 に接続されている事を確認し、TEDS 【Execute】を

押します。

ソフトキー：【Home】>【Input】>【EU】

TEDS 【Execute】を押します。



接続センサのデータが読み込まれたら校正作業は終了です。

◎この作業が終わったら、×でダイアログを閉じます。

### 【ポイント】

加速度センサの「出荷特性表」による校正も「TEDS」による校正も、計測当日のセンサの動作や電圧感度を必ずしも保証しません。重要なデータの取得時は簡易感度校正器

(VX-1100) で事前に使用する振幅センサの動作と感度確認を行うか、VX-1100 による振動計測システムのキャリブレーション校正を行ってください。

→「6.その他 校正作業」参照下さい。

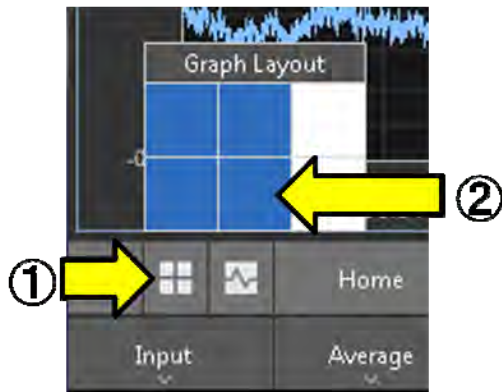
### 3-3. 動作の簡易確認

インパルスハンマと加速度センサの駆動・校正状態を簡単に確認します。

画面表示を 2 もしくは 4 画面にし、CH1 と CH2 を時間もしくはパワースペクトル波形に切替えます。

1) 【グラフ数切替ボタン】をタップして【Graph Layout】で表示するグラフ数を選択します。





上図は 4 グラフ表示の時

- 2) 表示されたグラフをタップして表示したいチャンネルと波形種のボタンを選択します。
- 3) CF-9200/940 前面の [START] キーを押し、単位が V から N  $m/s^2$  に変わる事を確認します。



- ・インパルスハンマや加速度センサの接続されたチャンネルの Y 軸単位が校正単位になる事。
- ・ CH1 : Vr → N
- ・ CH2 : Vr →  $m/s^2$

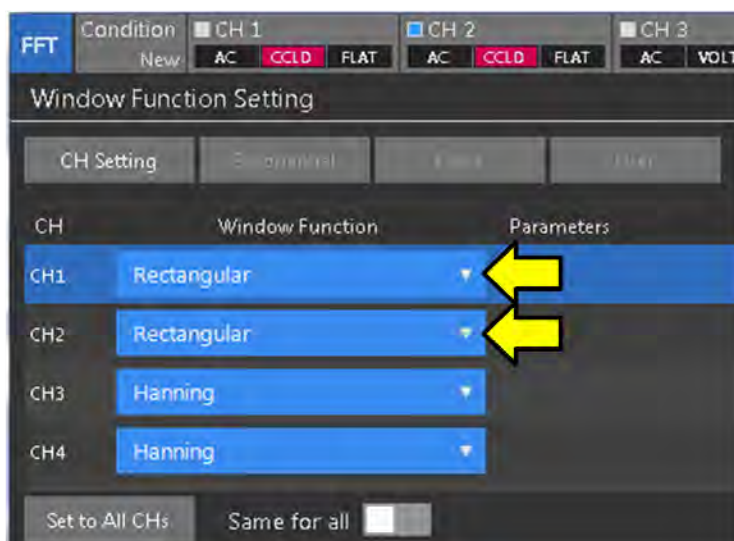


### 3-4. 窓関数の設定

窓関数を設定します。

過渡信号（インパルス波）を扱うので、CH1,CH2に Rectangular(レクタングラ（矩形））窓に切替えます。

【Home】 > 【Input】 > 【Window】



※加振ノイズの抑制や時間窓に応答波形を収める為に様々な窓関数を使う技術もありますが、本編ではオリジナルの波形で処理を行います。

### 3-5. 動作確認

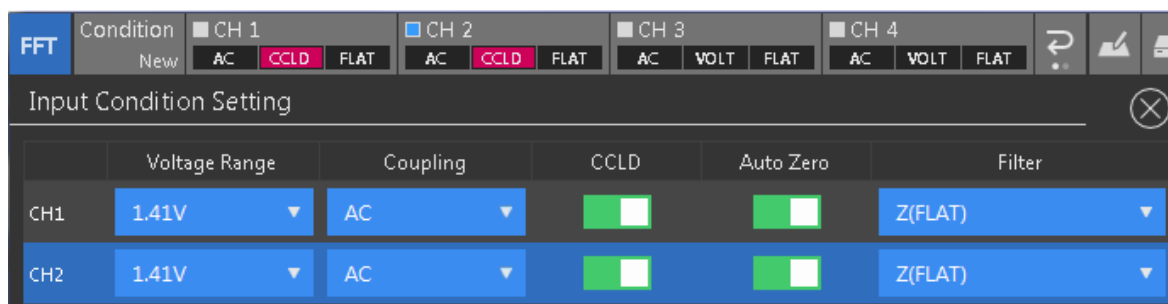
適当な力でインパルスハンマによる打撃を数回行い、加振力波形と（応答側）加速度センサから応答波形が出る事を確認します。

#### 1) 電圧レンジの選択

A/Dオーバーが出ない電圧レンジを設定します。

【Home】 > 【Input】 > 【Input\_Cond】

※デフォルトの 1Vrms (0dBm) 1.41V で数回打撃してADオーバーが点灯しない事を確認します。

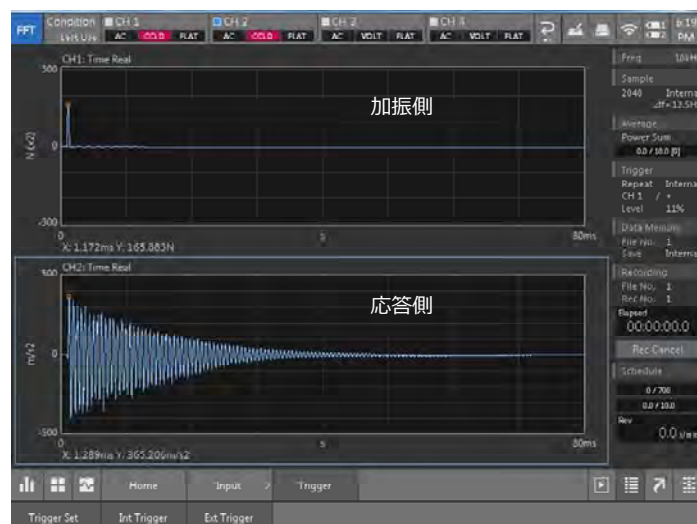


※AD オーバーが点灯する場合は、オーバーするチャンネルの電圧レンジ【Voltage Range】を上げます。ただし CF-9000s では通常のハンマリングで AD オーバーする事は少ないので、強

く叩きすぎてる場合も考慮しながら設定を変更します。

### 3-6. トリガ機能の設定

インパルスハンマによる加振はインパルス（衝撃）波です。トリガ機能を適切に使って、加振で生じる応答波形全体をFFTに取り込む必要があります。

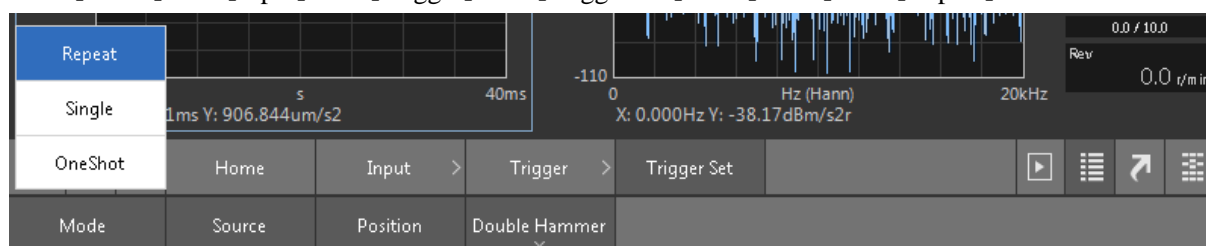


トリガ機能は加振力のインパルス波形を使い、振幅値を条件に信号の取り込みを行う機能です。トリガ機能を使う事で、応答側（CH2～4）の波形全てを同じタイミングで取込む事ができます。

#### 1) トリガモードの設定

- ・【Repeat】を選択します。

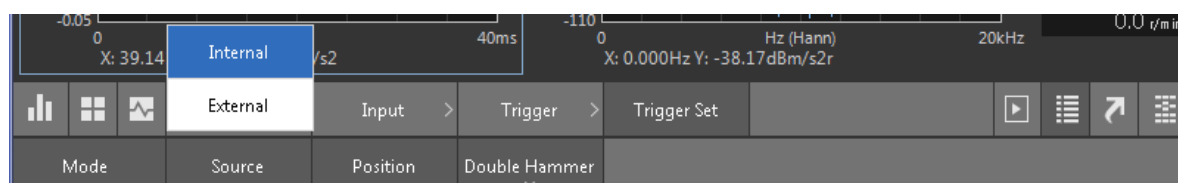
【Home】 > 【Input】 > 【Trigger】 > 【Trigger Set】 > 【Mode】 > 【Repeat】



#### 2) トリガソースの設定

- ・【Internal】を選択します。

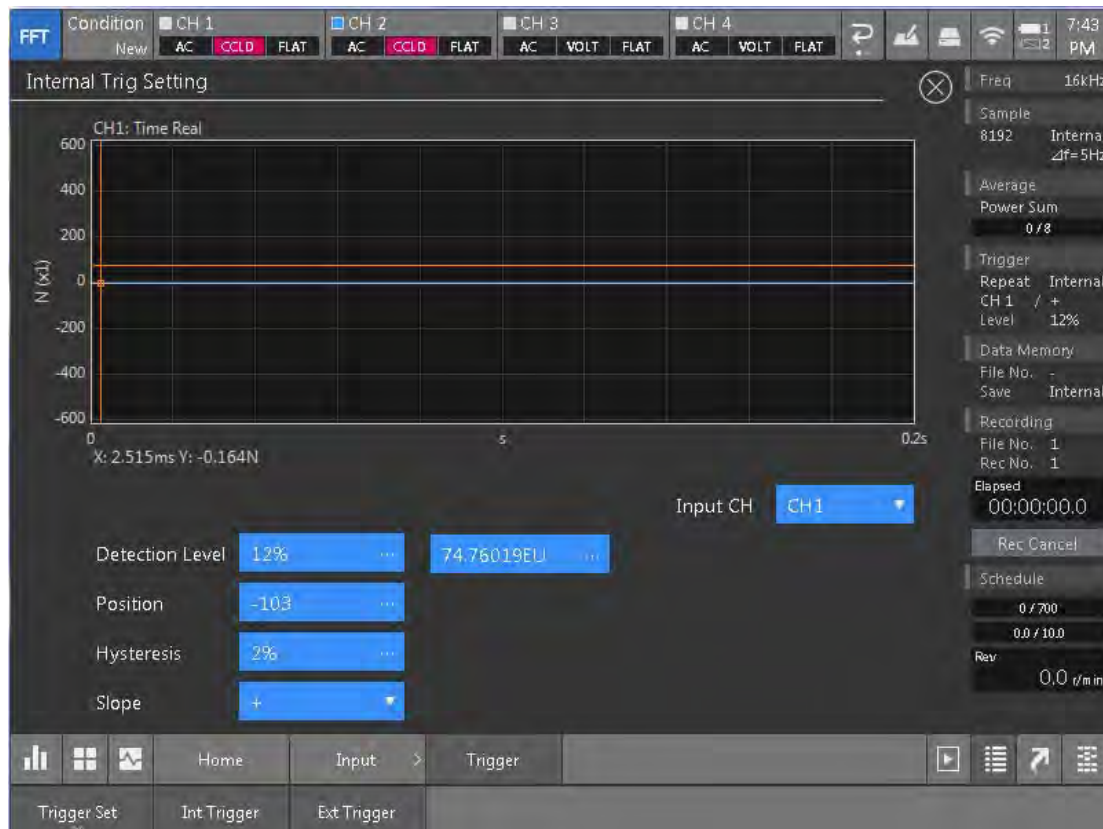
【Home】 > 【Input】 > 【Trigger】 > 【Trigger Set】 > 【Source】 > 【Internal】



#### 3) トリガポジションとレベル（閾値）の設定

CH1の加振波形で CH2(応答側) の波形全体を取り込み易い様にトリガポジションを時間窓の始め(左端)に設定します。これをプレ・トリガ (Pre.Trigger) と呼びます。

【Home】 > 【Input】 > 【Trigger】 > 【Int Trigger】



1. 【Input CH】 内部トリガ用に使用するチャンネル (CH) を選択します。  
※ここでは【CH1】選択。
2. ハンマで打撃を行いながら、加振時の波形データ (水色) とトリガポイント、レベル設定用のカーソル (橙色) をタップし、適切なポジション (プレ・トリガ) とレベル(閾値)を決めます。

レベル (閾値) は入力電圧に対する比率 (%) と物理値 (EU) で数値入力する事もできます。  
EU (本編ではN (ニュートン)) で設定すると物理値を目安にトリガを掛ける事ができます。

#### 《打撃波形が見えない場合》

本体【Y\_SCALE】ボタン△を押し、信号の表示レベルを調整して下さい。



#### 《レベル (閾値) を設定してもトリガが掛からない場合》

Hysteresis（ヒステリシス値）を設定して下さい。タップすると表示される〈Numeric Input〉ダイアログボックスで数値入力（％）します。※値の目安は 0.001（％）～。

#### ※ヒステリシス（Hysteresis）

ヒステリシスとは、トリガ信号に対する不感帯の範囲を意味します。

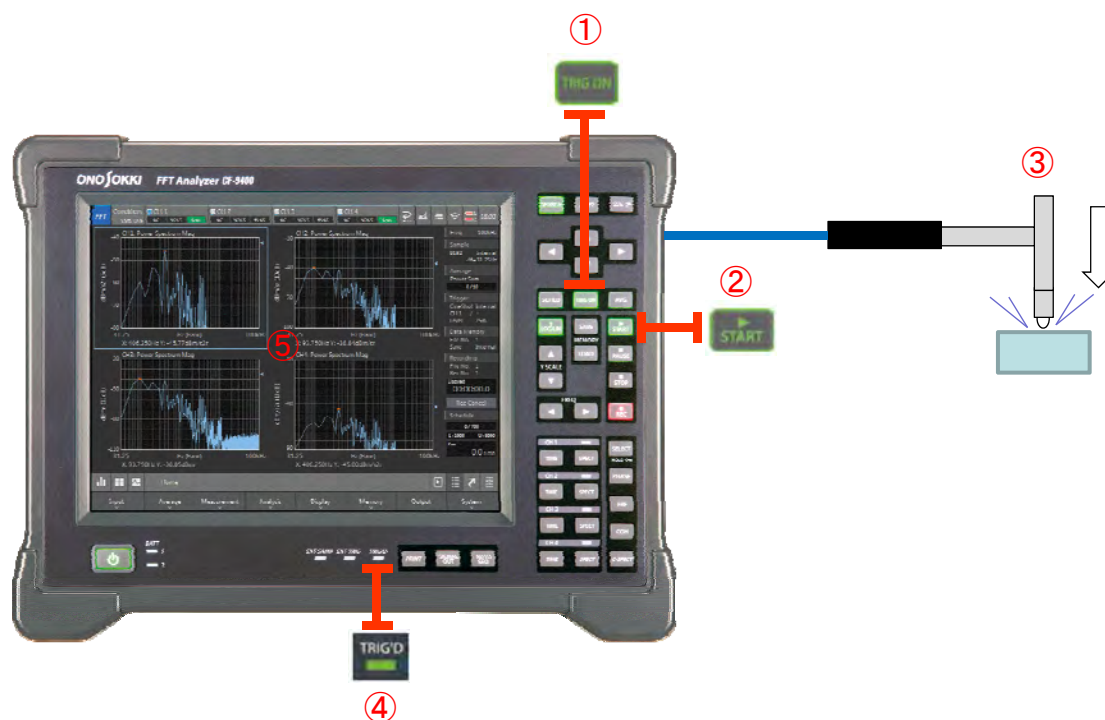
トリガ信号に重畳したノイズなどで誤ったトリガ動作の防止に有効です。

不感帯の範囲は、電圧レンジに対する範囲をパーセンテージ（0～99％）で設定します。この値がヒステリシス値（ヒステリシスレベル）です。

3. Slope トリガ極性を、[+] / [-] / [+ / -] のいずれかに切り替えます。

4. トリガ動作の確認

- ① CF-9200/9400 の本体【TRIG\_ON】を押します。
- ② 【START】を押します。→トリガ待ち状態になります。
- ③ ハンマで打撃すると
- ④ 【TRIG'D】LEDが点滅します。
- ⑤ 波形が1フレーム分取り込まれます。





### 3-7. 周波数レンジ、平均化の設定

使用しているインパルスハンマに合わせて、大まかな周波数レンジと加算平均の設定を実施します。

#### 1) 周波数レンジの設定

インパルスハンマの種類とインパクト・チップの種類を目安に CF-9200/9400 の解析周波数レンジ（画面右上：Freq）を設定します。

【使用インパルスハンマと設定周波数レンジの目安】

- ・ GK-3100 :10 kHz 以下
- ・ GK-2110 :40 kHz 以下
- ・ GK-4110G10 : 5 kHz 以下



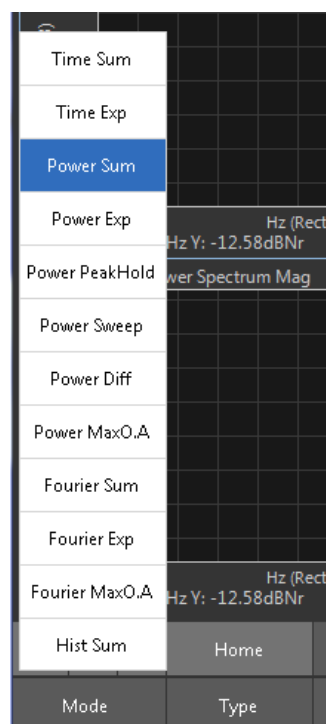
#### 2) 平均化の設定

インパクト加振は加振エネルギーが小さいので、複数回の打撃を実施し平均化（Average）処理を実施します。

##### ①平均化モードの確認

パワースペクトル加算平均モードを選択（デフォルト値）します。

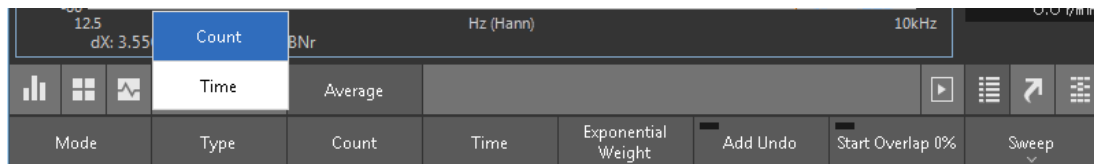
【Home】 > 【Average】 > 【Mode】 > 【Power Sum】



## ②平均タイプの設定

加算平均を回数設定にします。

【Home】 > 【Average】 > 【Type】 > 【Count】

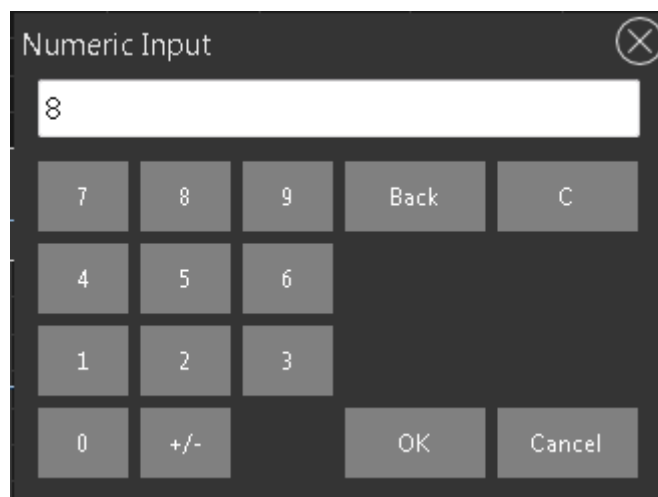


## ③加算平均、回数の設定

加算平均する回数を設定します。推奨の回数は 5～8 回前後です。

【Home】 > 【Average】 > 【Count】 > 【5~8 回】

テンキーパッドのダイアログ (Numeric\_Input) が開くので加算回数を数字入力します。



必ず 【OK】 をタップしてクローズします。





### 3-8. 加振帯域の確認

ハンマで打撃を行い希望の帯域まで加振している事の確認と調整を行います。

※インパルスハンマには加振可能な周波数上限があり、それは対象の硬さ、ハンマの種類と先端装着のインパクト・チップの素材で変化します。また加振帯域の広さと加振力の大きさはトレードオフの関係となっています。

#### 1) 加振帯域の確認準備

評価対象を実際に打撃し、加振可能な上限を見極め、適切な周波数レンジに設定します。

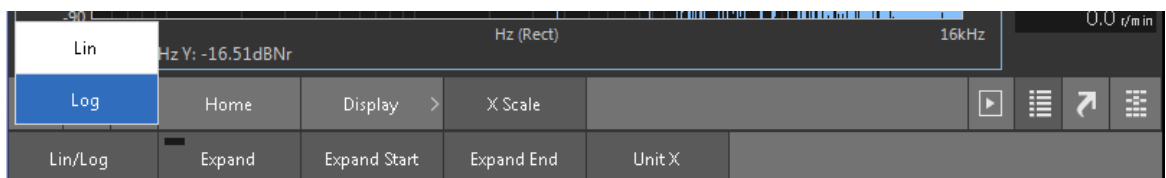
##### 【設定と画面表示】

- ① 上下2画面表示に変更します。
- ② 上画面を時間波形にします。→上画面をタップして本体 CH1 の Time キーを押します。
- ③ 下画面をパワースペクトルにします。→下画面をタップし本体 CH1 の SPECT キーを押します。

※ これで上画面が CH1 の時間波形、下画面が CH1 のパワースペクトル表示になります。

- ④ CH1のパワースペクトル表示を表示・選択します。
- ⑤ CH1パワースペクトル表示の X軸（周波数）を Log表示に切替えます。

【Home】 > 【Display】 > 【X Scale】 > 【Lin/Log】 > Log を選択します。



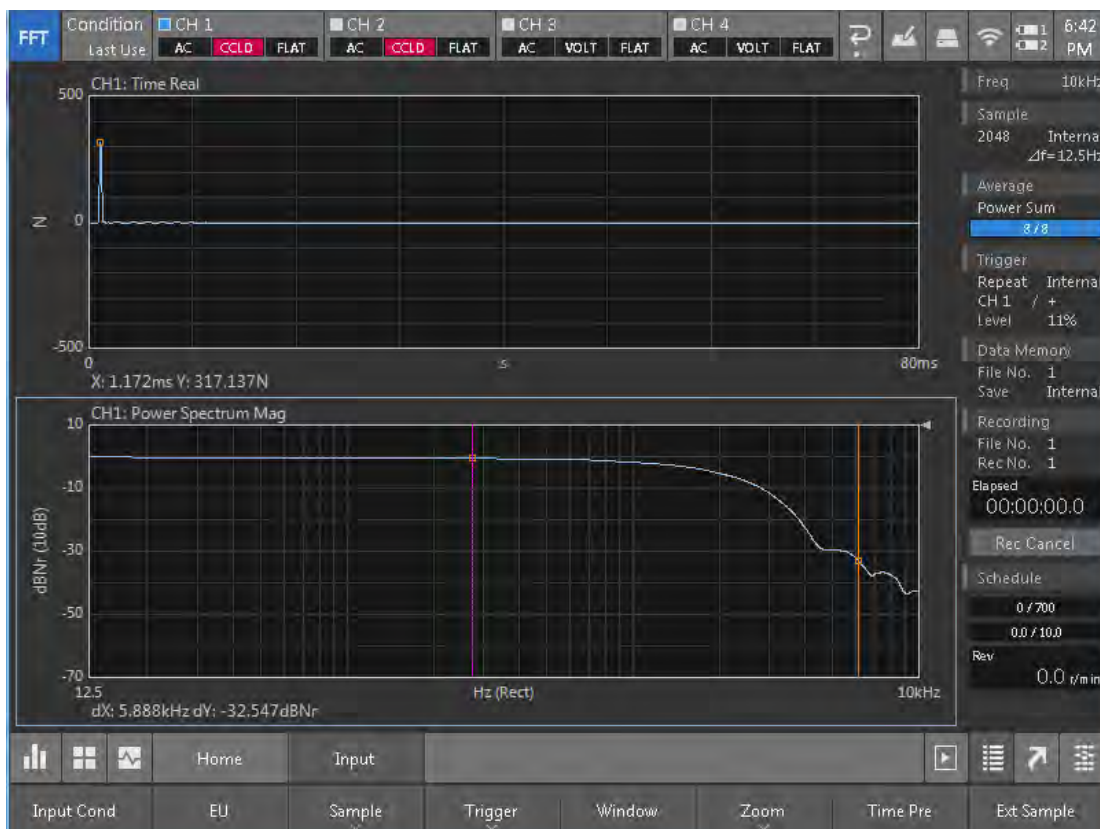
# 【打撃試験】

- ① CF-9200/9400 の本体【TRIG\_ON】を押します。
- ② 【AVG】 Average、アベレージを ON にします。
- ③ 【START】を押します。→トリガ待ち状態になります。
- ④ハンマで打撃すると
- ⑤ 【TRIG'D】 LED が点滅します。

※設定回数の打撃加振が終了すると【START】LED が消灯します。

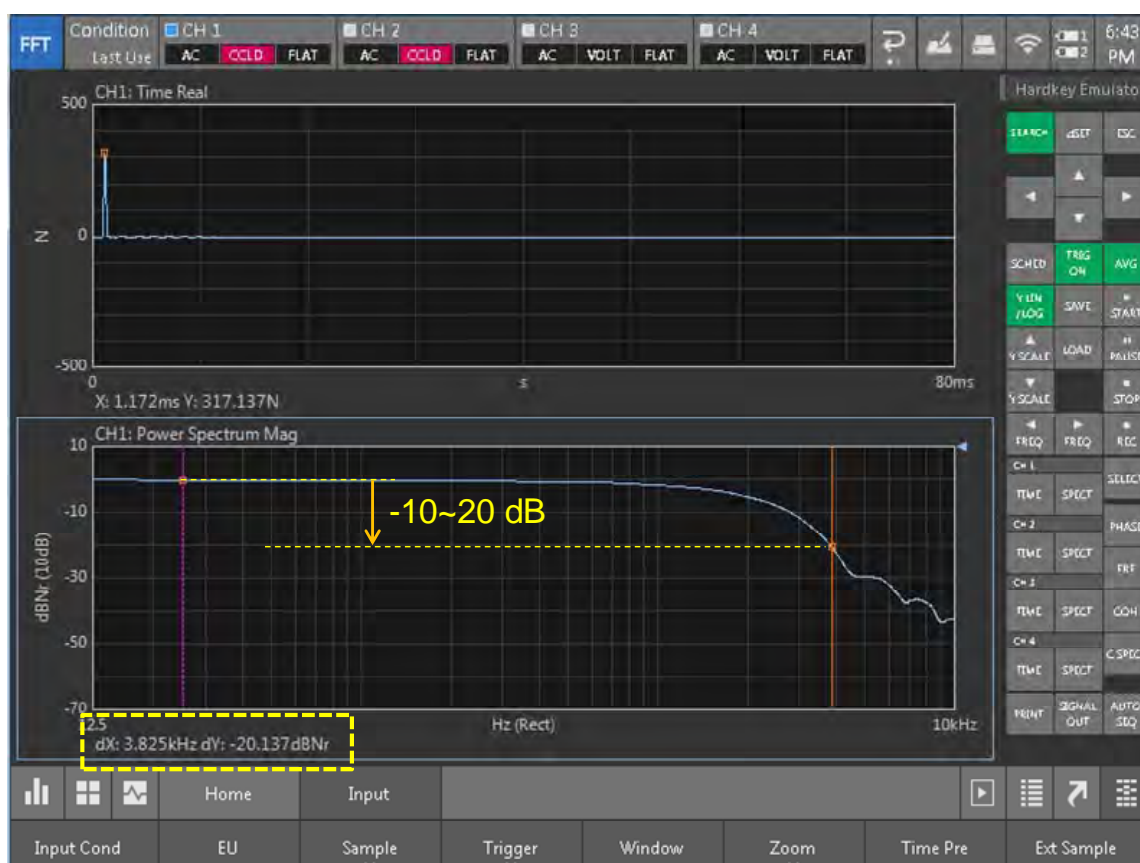
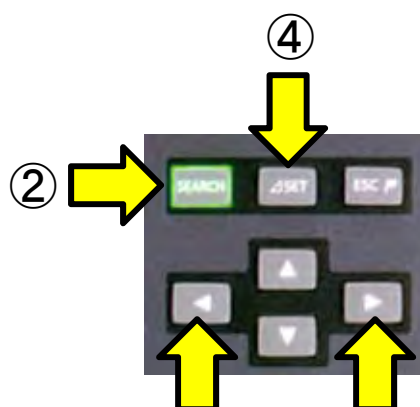
## 2) 加振帯域の確認

CH1 のパワースペクトル波形の減衰を計測し、使用中のハンマ+インパクト・チップで加振できる帯域を確認します。加振のパワーがフラットな帯域から-10~-20 dB 下がったところが加振可能な帯域の上限です。



# 【設定と画面表示】

- ①下画面の CH パワースペクトルをタップし選択します。
- ②パネル・キーの【SEARCH】 を押し、カーソルを表示させます。
- ③画面のタップもしくはパネル・キーを押し加振パワーに平坦な部位にカーソルを置きます。
- ④【 $\Delta$ SET】 キーを押しもう一本のカーソルを表示させます。
- ⑤画面タップもしくはパネル・キーを押し-10～20 dB 振幅の低い周波数にカーソル移動します。
- ⑥dX の周波数 (Hz) が加振の上限となります。



上図では dX : 3.825 kHz dY : -20.137 dB      約 3.8 kHz が加振できた周波数の上限となる。  
ハンマには Medium Tip を装着。

**【確認と変更】**

加振帯域を上げる、もしくは下げる必要が無いならインパルスハンマの確認は終了です。

加振帯域を上げる必要があればインパクト・チップの交換、もしくはハンマ自体を変更します。

逆に下げる場合は先端のインパクト・チップを交換し加振帯域を下げる事で加振力を上げ、SN比を向上させる選択もできます。

※詳細は巻末の【Appendix】を参照願います。

## 4. 打撃試験

実際に打撃試験を行い、データを取得します。

手順は加振帯域の確認時と同様です。

### 4-1. 画面数と表示内容

打撃作業中の画面表示数と表示内容に制限はありませんが、ダブル・ハンマリング（二度叩き）※確認の為、CHの TIME（時間波形）は表示して加振波形の観測を行います。

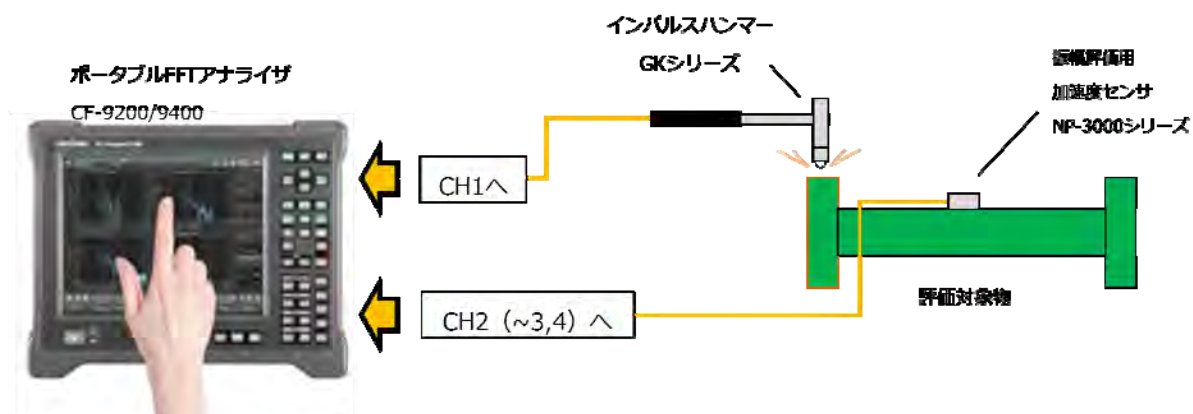
その他の解析波形はハンマリング終了後に表示可能です

※ダブル・ハンマリング（二度叩き）は、同一時間フレーム内に 2 回以上対象を叩いてしまう作業ミスです。ダブル・ハンマリングは CF-9200/9400 発生時に自動的に取り込みキャンセルを行う事ができます。詳細はリファレンスガイド（P.94）をご覧ください。

○ダブル・ハンマリングの発生



## 4-2. 本打撃試験



- ① 機器接続の確認を実施します。
- ② CF-9200/9400 の本体【TRIG\_ON】を押します。
- ③ 【AVG】 Average アベレージを ON にします。
- ④ 【START】を押すとトリガ待ち状態になります。
- ⑤ ハンマで打撃すると【TRIG'D】LED が点滅します。
- ⑥ 加振が進むと平均化した回数とバーが伸びて行きます。
- ⑦ 設定回数の打撃加振が終了すると【START】LED が消灯します。



以上で加振作業は終了です。

### 【注意】

以後、解析やデータの表示データの保存が終わるまで、  
【START】ボタンには触れない事。



## 5. 解析の実施～周波数応答関数の表示

周波数応答関数（Frequency Response Function **FRF**）を表示します。

### 5-1. コヒーレンス関数（Coherence **COH**）の確認

コヒーレンス関数は、計測系の入力と出力の因果関係の度合を 0～1 で示します。

1（MAX）の場合、その周波数において、系の出力がすべて入力に起因していることを示します。

0 の場合、その周波数において、系の出力が入力に全く関係ない事を示します。

本編では、入力＝ハンマによる加振力、出力＝（加振による）振幅（振動）なので、加速度センサで検出した振幅値がハンマ加振によるものか否か？を判断する目安に、場合によっては加振作業のやり直しや加振方法の再検討の材料になります。

（コヒーレンス関数を観測する時の注意点）

以下がハンマリングにおけるコヒーレンス関数の悪化要因です。

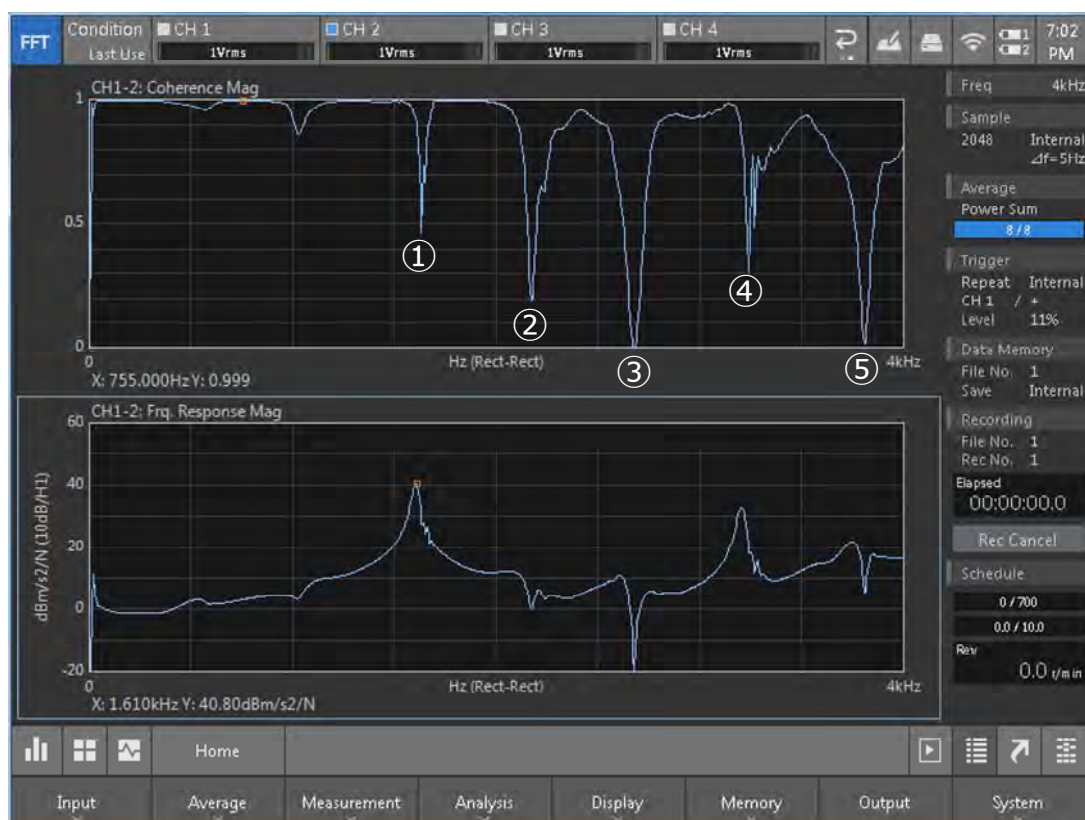
- (1) 評価対象を加振しても検出部位がその周波数で振動しない、振動し難い。
- (2) SN 比が悪い。（加振力が小さい。外乱振動が多い。検出器の感度が悪い。）
- (3) 出力の応答が時間窓より長く漏れ誤差が生じている。
- (4) 評価対象の加振に対する応答が非線形である。

ここでは 2 画面にコヒーレンスと周波数応答関数を表示し対比します。

1) 表示させたい画面をタップし、【COH】キーを押します。

2) 表示させたい画面をタップし、【FRF】キーを押します。





コヒーレンス関数を観測すると、0.5を下回っている5つの周波数①～⑤が注意をひきますが、FRFを同時に観測する事でその要因を推定し、再ハンマリングや観測帯域の制限を判断できます。

- ①、④は共振点付近で漏れ誤差の疑いがあります。
- ②、③は反共振点。この周波数で観測部位が振動しません。
- ⑤はハンマの加振限界付近でSN比が悪いと思われます。

以上を考慮すると、

- 1) 観測帯域は3 kHz に制限する。
- 2) 時間窓を長くし (sample Length: 2048→4096～) 漏れ誤差を解消する。

この例では以上の条件を考慮し再度のハンマリング試験の実施も考えられます。



## 5-2. ボード線図の表示①

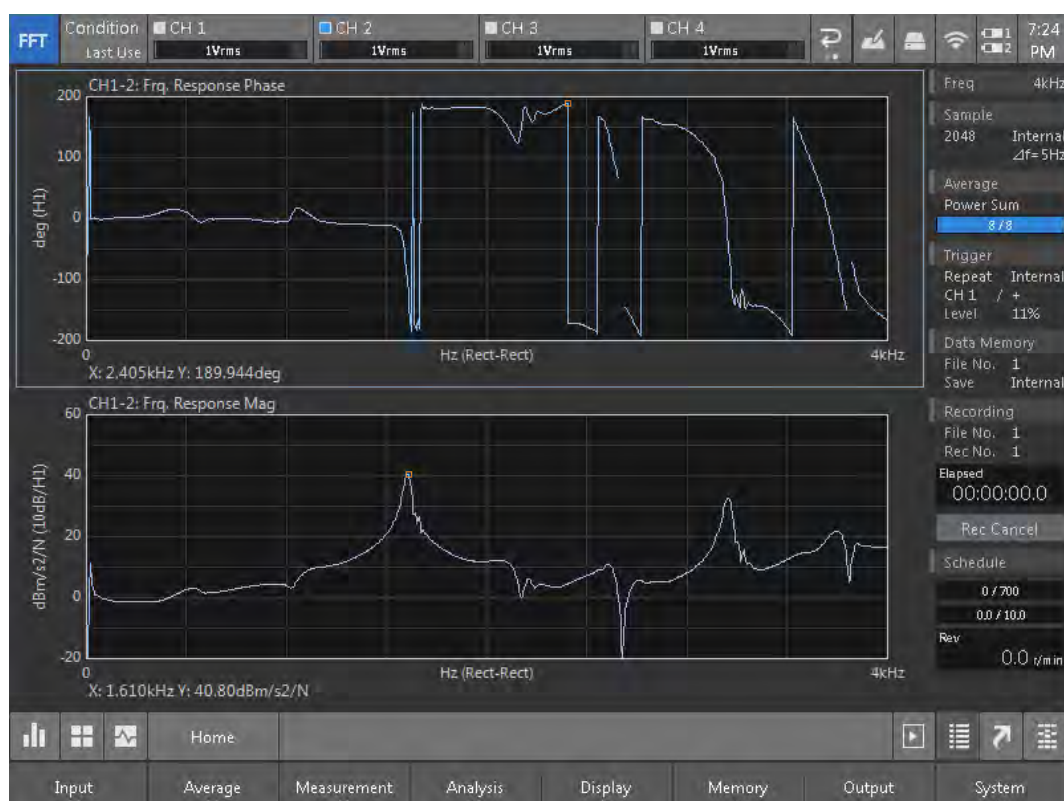
コヒーレンス関数を表示していた場所に、位相（PHASE）を表示させると、ゲイン（GAIN）と位相（PHASE）を表示したボード線図（Bode plot）になります。

ボード線図は周波数を共通の X 軸とし、Y 軸に振幅と位相の 2 個を縦に並べたものです。

ボード線図は共振点の存在場所や周波数の大きさが確認しやすく、振幅と位相を区別して見る事が出来るので、周波数応答関数を表す図の中では使用頻度が高いです。

（上下 2 画面表示とし）

- 1) 上画面をタップし【PHASE】キーを押します。
- 2) 下画面をタップし【FRF】キーを押します。



### 5-3. ボード線図の表示②

標準の位相（PHASE）表示は $\pm 180^\circ$ で折り返し表示となっています。

$\pm 180^\circ$ 折り返し表示を解除し、位相特性を連続的に繋ぐ表示がアンラップ（Unwrap）です。

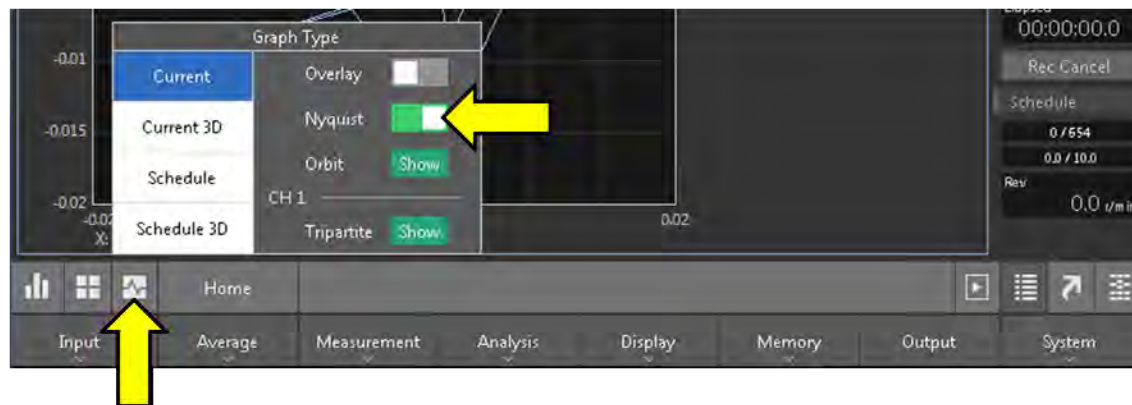
【Home】 > 【Display】 > 【Y Scale】 > 【Scale】 > 【Phase Unwrap】



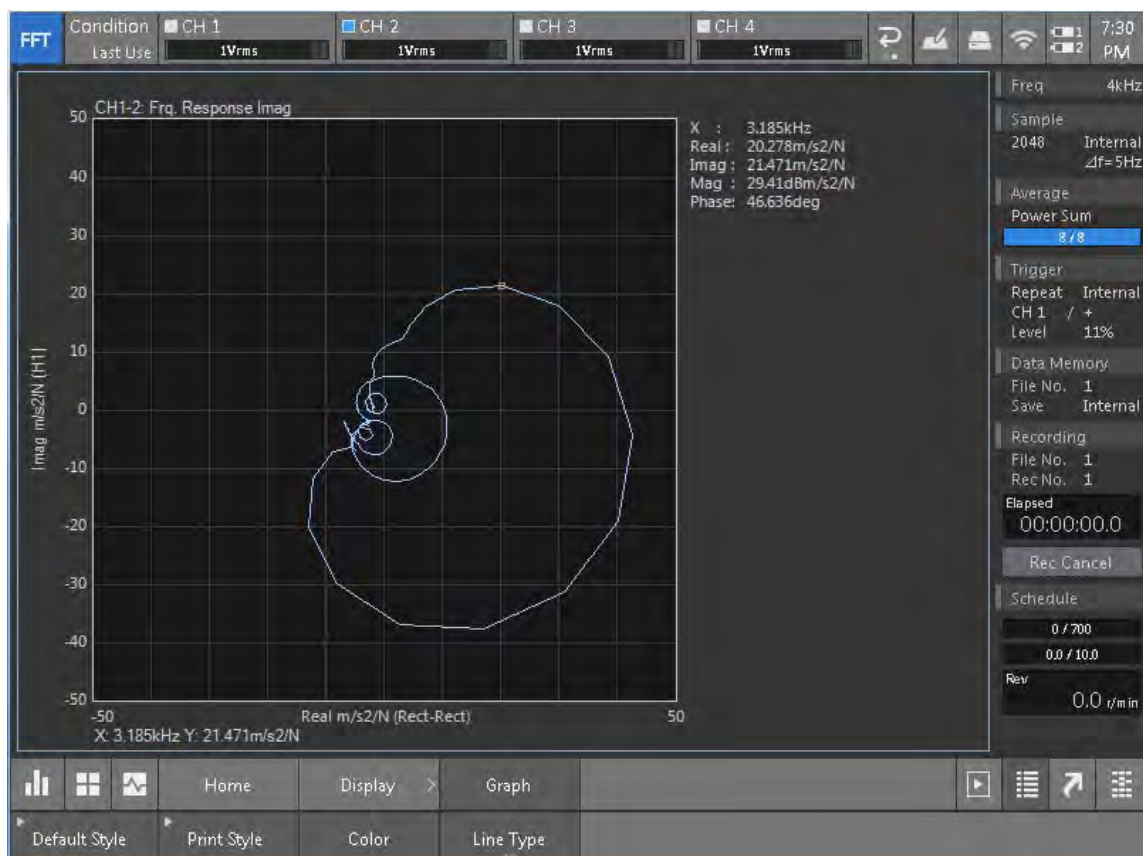
#### 5-4. ナイキスト線図の表示

周波数応答関数の実数部を横軸に、虚数部を縦軸にとり、各周波数 $\omega$ を 0~ まで変化させた軌跡を描いた線図をナイキスト線図と呼び、主に制御系の安定性の判別に利用します。

- 1) 表示させたい FRF のグラフをタップして選択します。
- 2) 【Graph\_Type】 > 【Nyquist】をタップして ON にします。



#### ナイキスト線図表示



## 6. データの保存

保存したいデータを表示し【SAVE】キーを押すと、表示されたデータが保存されます。



1) セーブするデータメモリの条件を設定します。

①セーブするデータメモリの No. を指定します。

【Home】 > 【Memory】 > 【Data】

メモリ管理画面で、データメモリを保存する No.（ここでは 1）をタップ（選択カーソルが移動）します。

設定した No. は、ステータス表示上の Data Memory に表示される File No. で確認できます。

なお、すでにデータがセーブされている No. を選択すると、既存のデータが上書きされます※。  
※ご注意ください。

②次に、セーブするデータの種類を設定します。

【Home】 > 【Memory】 > 【Data】 > 【Save Type】

タップすると展開するセーブ用データ種類設定用キーで、セーブするデータの種類をタップし ON（有効）または OFF（無効）に切替えます。設定完了後、× をタップするかまたはハードキーの【ESC】キーを押しダイアログボックスを閉じます。

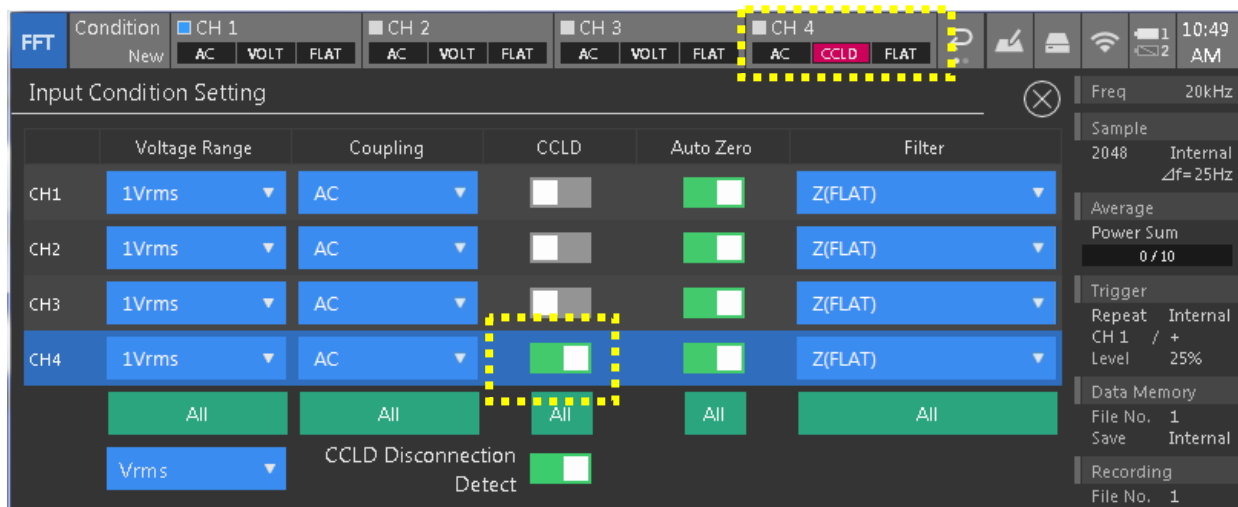
## 7. その他 校正作業

### 【VX-1100 による振動計測システムのキャリブレーション校正】

簡易感度校正器（VX-1100）を使って加速度センサに基準加速度（152.2 Hz 10 m/s<sup>2</sup>(rms)）を印加し加速度センサ-----CF-9200/9400 の計測システムで校正を実施します。



- 1) CF-9200/9400 に加速度センサを接続し、センサを接続した CH の CCLD を ON にします。  
ソフトキー：【Home】 > 【Input】 > 【Input\_Cond】



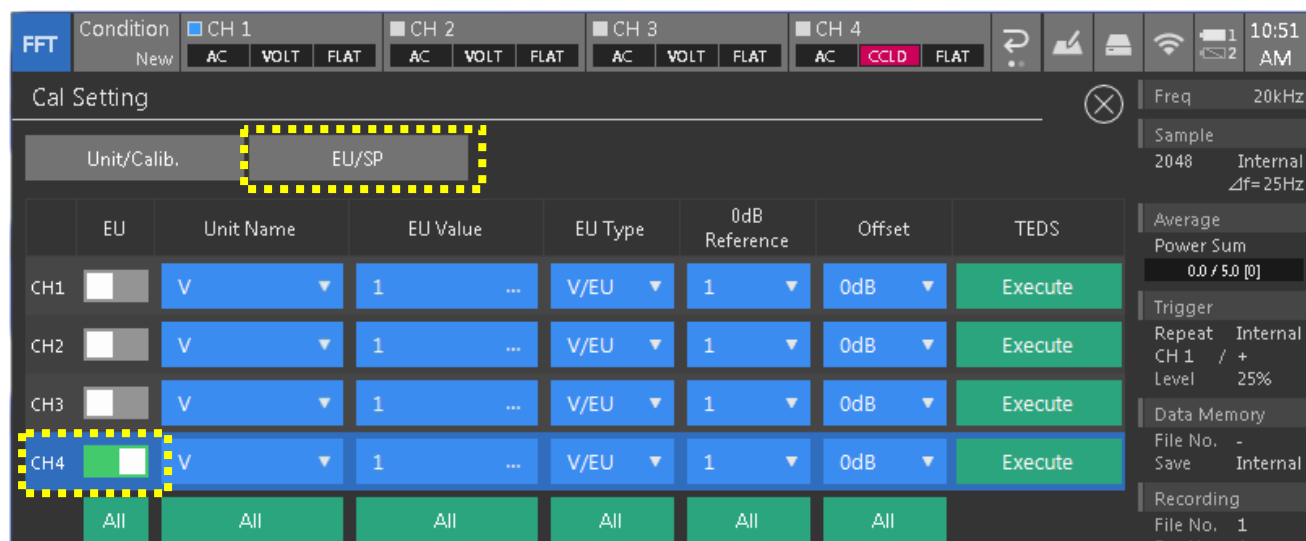
加速度センサが接続されているチャンネルの「CCLD」をタッチし CCLD を ON にします。  
※例では CH4 の CCLD を ON。

2) 校正メニューに入ります。

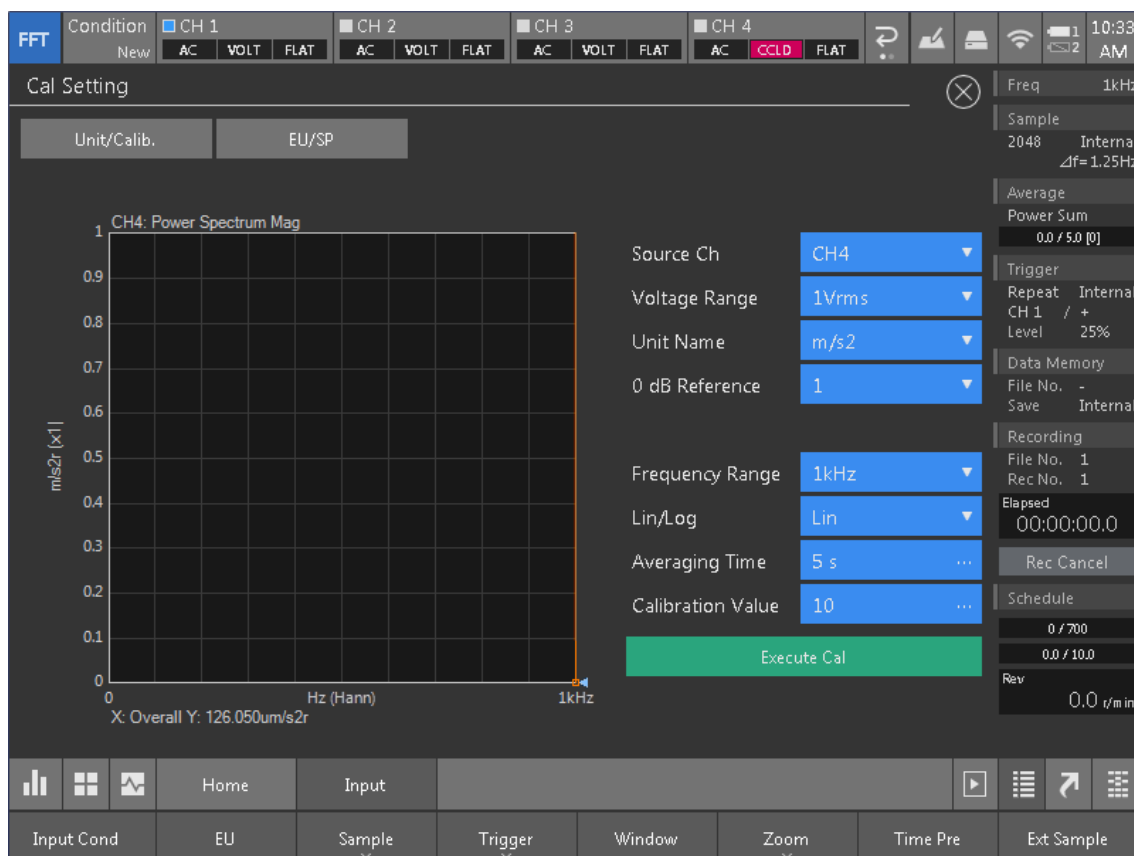
ソフトキー：【Home】 > 【Input】 > 【EU】

① 校正したいCHの【EU】をタッチしてONにします。

② 【EU/SP】を選択します。



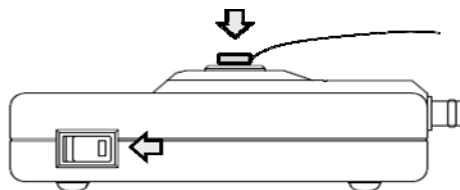
【Cal Setting】ダイアログボックスが表示されます。



- ・【Source Ch】 : 校正したい CH を選択（例では CH4）
- ・【Voltage Range】 : 入力電圧レンジ（1 Vrms（DEFAULT））
- ・【Unit Name】 : 校正したい単位を選択（例では m/s<sup>2</sup>）
- ・【0 dB Reference】 : 0 dB 基準 値を入力（1 DEFAULT）
- ・【Frequency Range】 : 1 kHz
- ・【Lin/Log】 : Lin
- ・【Average Time】 : 5（sec）
- ・【Calibration Value】 : 10（使用する校正器の振幅値を入力。ここでは 10（m/s<sup>2</sup>））

入力が終わったら、サーチカーソルを 1kHz（画面右端）に移動し「Overall」になる事を確認します。

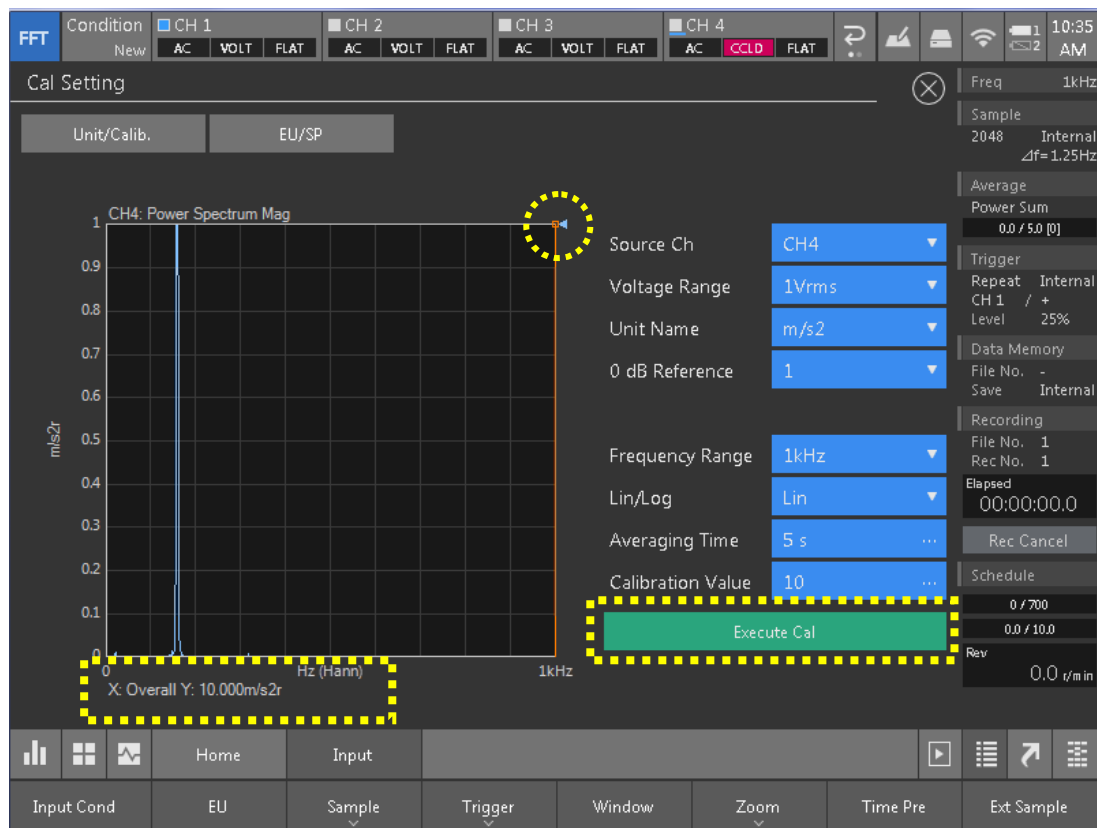
- 3) VX-1100 の「ピックアップ取付テーブル」に対象の加速度ピックアップを装着します。
- 4) 電源スイッチを押して加振を開始します。



- 5) 画面上でパワースペクトルが見えたら、【Execute Cal】 を押し、校正を実行します。



校正が終わったら、Overall 値が「10 m/s<sup>2</sup>r」になっている事を確認し、終了します。



### 【ポイント】

VX-1100 の振幅は以下の誤差を内包します。

- ・加振加速度 : 10 m/s<sup>2</sup> (rams) ±3 %
- ・加振速度 : 10 mm/s (rms) ±4 %
- ・加振変位 : 10 μm (rms) ±5 %



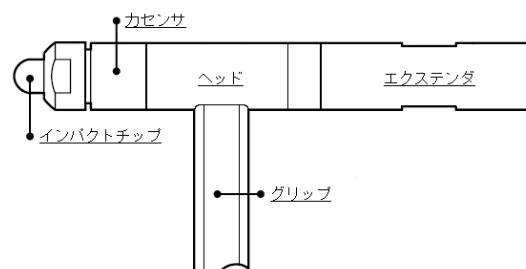


## 【Appendix】

### 1. インパルスハンマの構造と仕組み

インパルスハンマは、最も簡単な加振装置。加振は単純に対象を「たたく」ことで行える。構造と扱いが簡便な事から多くの振動解析現場で使用されている。インパルスハンマを使用した振動解析は「ハンマリング試験」もしくは「打撃試験」と呼ばれる。

力センサ(フォース・センサ)は定電流で駆動される。



ハンマの先端には加振力を検出する『力センサ（フォース・センサ）』が装備され、打撃によって発生した加振力（N（ニュートン））は、グリップエンド部分の BNC コネクタから電圧出力される。

先端の打撃部位は対象物に合わせて交換可能なチップ（インパクト・チップ）になっている。  
エクステンダは、インパルスハンマのヘッドに質量を付加し加振力を安定させる働きをする着脱可能な錘（おもり）。

### 2. インパクト・チップ

インパルスハンマは、プリアンプと力センサを内蔵しており、このセンサはハンマヘッドの打撃端に取り付けてある。ハンマの打撃端には各種のインパクト・チップを取り付けることが

できる。チップは衝撃力をセンサに伝えるとともに、損傷しないようにセンサ面を保護する。異なる剛性のチップを使用することにより、加振力と加振帯域を調整することができる。

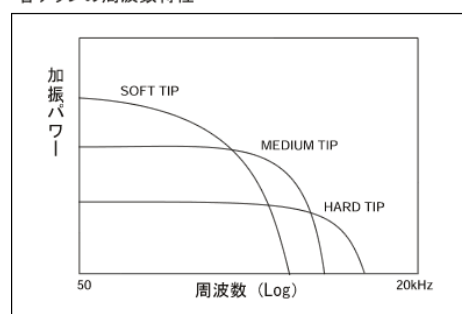


### 3. インパクト・チップの特性と選択

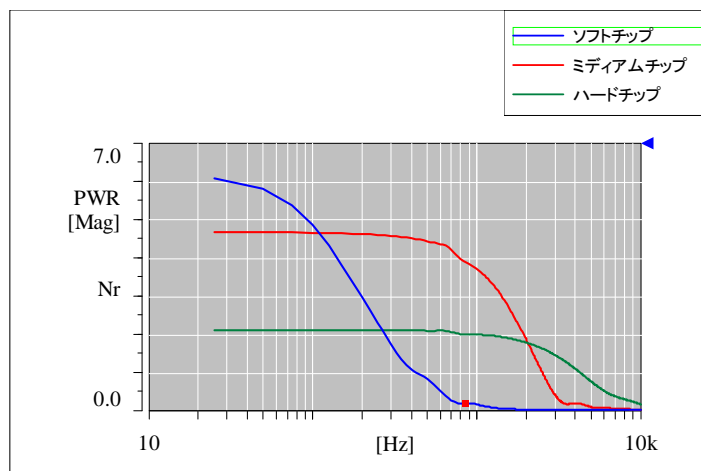
インパルスハンマの加振力の調整は、主にチップを変更して行う。

チップはハンマの衝撃の周波数領域に影響する。加振したい周波数帯域を見定め、適切なチップを選択する事が精度の高い計測につながる。

各チップの周波数特性

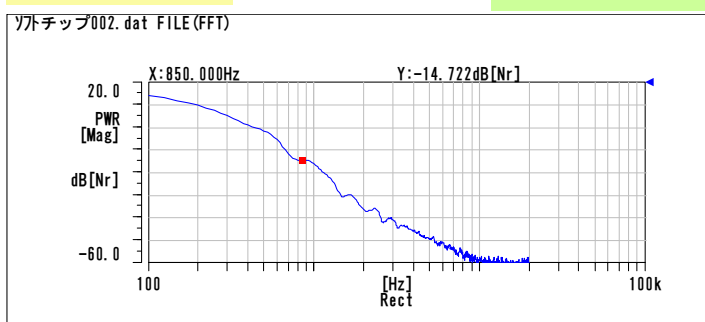


GK-3100 付属チップの実測実特性（参考値）



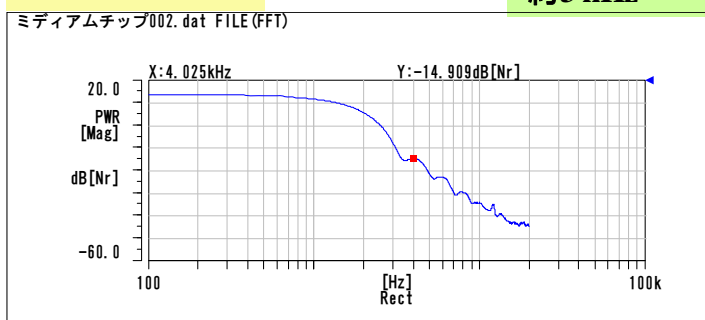
ソフトチップ

約620 Hz



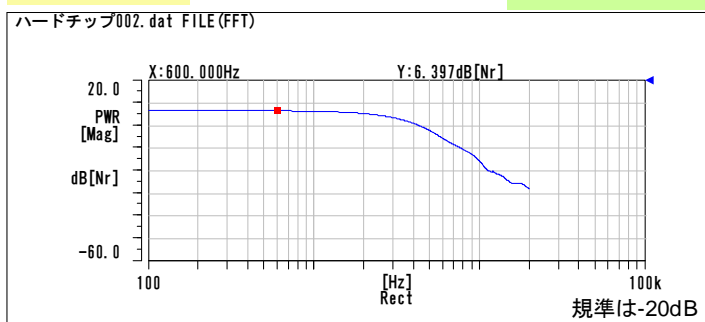
ミディアムチップ

約3 kHz



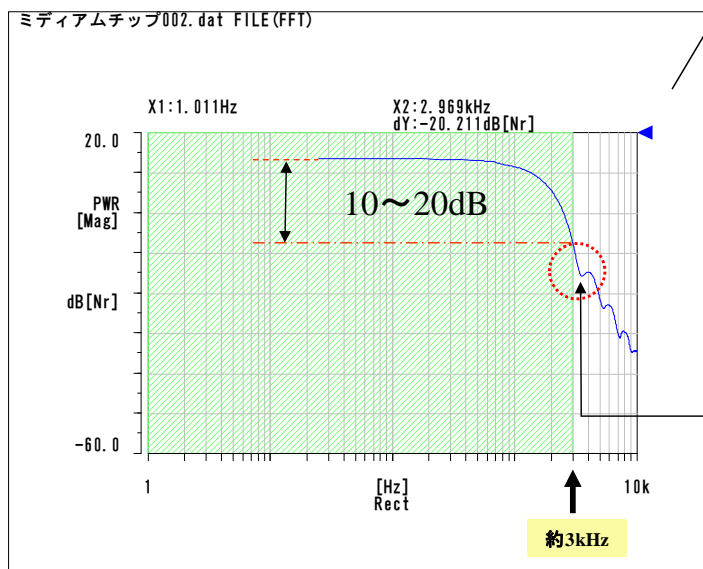
ハードチップ

約9 kHz ※



## 有効な加振周波数の見極め

判断の目安は、加振力の最大値から-10~-20 dB。チップの選択も同じ目安で行う。



GK-3100でミディアムチップを装着した場合  
約3kHzが加振周波数の上限になる。

同条件なら、約3kHzを上限  
とした加振は、  
『ミディアムチップ』を選択  
すればSN比の良い計測が  
可能になる。

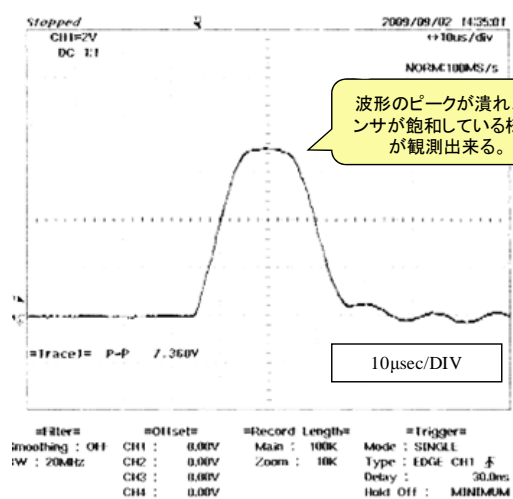
**零交点 (Zero-cross point) :**  
本来は振幅が零になっているポイント。  
よってこの近辺の帯域は振動励起出来ない。  
スペクトルの溝 (dip) として見分ける事が可能。

## 4. カセンサの『飽和』

故意に力を入れてハンマを振れば、それなりに加振力は増え、有効な加振帯域も延びる。しかしフォース・センサが『飽和』する可能性もある

FFT アナライザのサンプリング周波数は低く、内部フィルタの影響もあり、時間軸波形でフォース・センサの飽和が見えない。飽和すると正しい加振力を得られない。

SN 比を稼ごうとして故意に力を入れての打撃が結果を悪くする可能性もあるので注意が必要。



100MHzサンプリングのデジタルオシロでの観察

参考文献

長松 昭男（1993）モード解析入門 コロナ社

倉部 誠（1998）図説モード解析入門 大河出版

2015 年 11 月 27 日

発行：株式会社小野測器 営業本部 販売促進グループ