

ポータブル FFT アナライザ CF-9200/9400

Log スイープ/加振制御機能 (CF-0942) を使った

電磁加振器の加振制御と共振解析



目次

1 はじめに

2 準備機材

3 機器の準備

3-1. 電磁加振機と評価対象、検出器のセッティング

3-2. CF-9200/9400 との接続

3-3. CF-9200/9400 の設定

3-4. Log スweepモードの設定 (Setting)

4 制御テスト

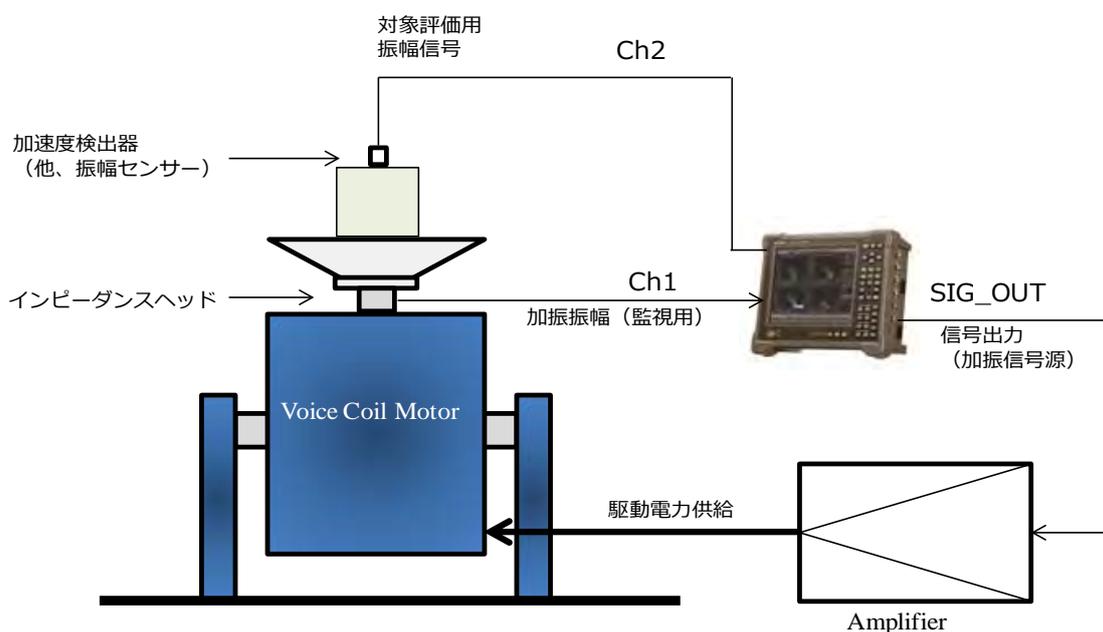
5 本計測とデータ保存

6 その他 校正作業

1. はじめに

ポータブルFFTアナライザCF-9200/9400に、CF-0971（1CH信号出力モジュール）とCF-0942（Logスイープ/加振制御機能）を搭載する事で、電磁加振機を使って評価対象物を指定の加振振幅（加速度/速度/変位）や加振力（N）で制御しながらLogスイープ（対数掃引）を実施し、対象物の周波数特性（共振解析）をおこなえます。また加振制御用のセンサにレーザドップラ振動計を使用する事で評価対象に印加する振幅をピンポイントの位置で制御する事ができます。

CF-9200/9400を使った、加振制御計測の構成（例）



2. 準備機材

～振幅制御時の例～

■CF-9200/9400

◇CF-0971（1CH信号出力モジュール）※オプション

◇CF-0942（Logスイープ/加振制御機能）※オプション

■加振制御用の振幅検出器（加速度 or 速度 or 変位センサ or インピーダンスヘッド）

■応答検出用の振幅検出器（加速度 or 速度 or 変位センサ）

■電磁加振機、加振アンプ

■他 ・ 必要に応じて各種治具/ケーブル類

◇このチュートリアルで使用の加速度センサは、全て「アンプ内蔵型加速度センサ」です。

3. 機器の準備

3-1. 電磁加振機と評価対象、検出器のセッティング

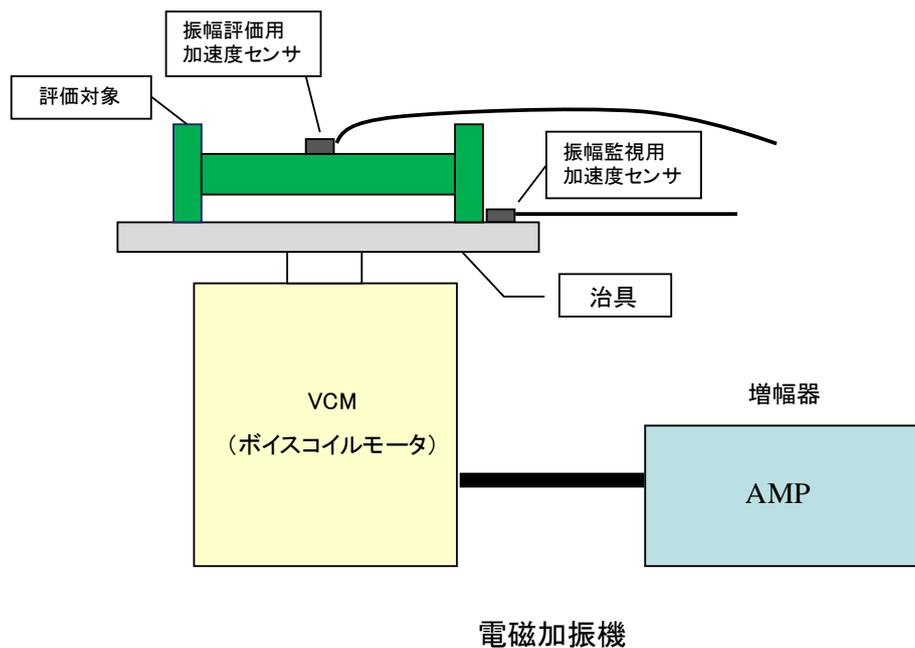
- 1) 電磁加振機のボイスコイルとアンプを接続します。
- 2) 加振機（ボイスコイル）の振幅部位に必要なに応じて対象物を固定する治具を装着します。
- 3) 加振対象を治具に固定します。
- 4) 加振・振幅値を指定振幅に制御したい場所に振幅監視用の検出器を装着します※。
- 5) 評価対象の振幅を評価したい場所に検出器を装着します※。

※ここでは全て加速度センサの使用を例にします。

振幅検出機：加速度センサ、速度センサ、変位センサ。

◎センサの校正をキャリブレーションで行う場合は校正後に検出器を装着します。

→簡易校正器（VX-1100）を使った振幅センサの校正→巻末参照。



【ポイント】

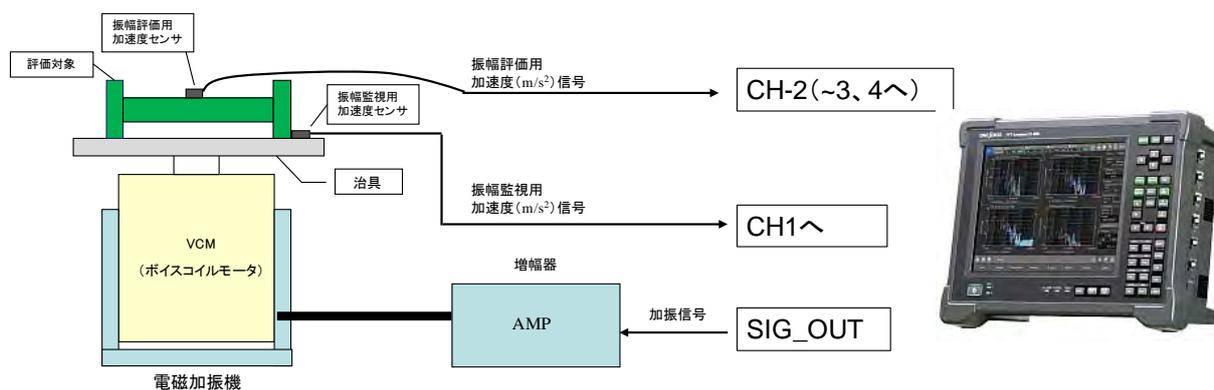
- ◎ 評価対象と装着する加速度センサとの質量比に注意する（目安は1：50以上）。必要に応じて質量の小さい加速度センサや非接触センサを使用する。
- ◎ 振幅監視用の加速度センサは印加する振幅を制御したい場所やその近傍に装着する。
- ◎ 非接触センサー（レーザドップラ振動計、非接触変位計）を使う場合はセンサ懸架部の暗振動に留意する。

3-2. CF-9200/9400 との接続

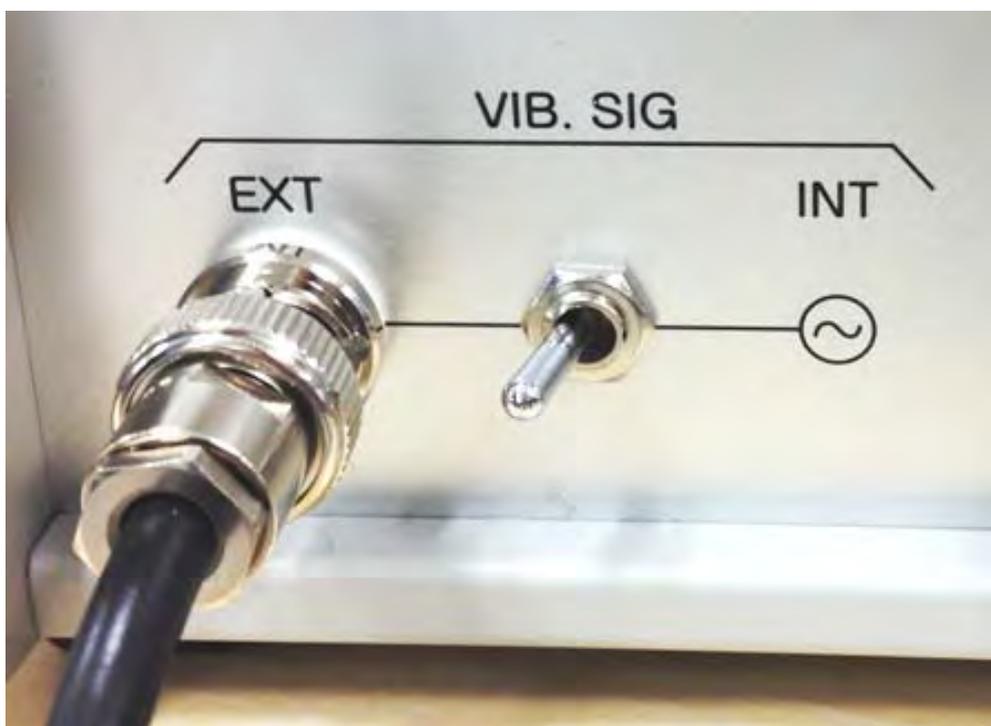
- 1) 制御用の加速度センサを CF-9200/9400 側面の信号入力端子「CH-1」に接続します。
- 2) 対象評価用の加速度センサを「CH-2（～CH-3, 4）」に接続します。
- 3) FFT の信号出力「SIG_OUT」を加振アンプの外部入力（EXT_IN）に接続します。

※加振アンプに信号の内/外切り換えがある場合は【外部（EXT_IN）】に切替えます。

CF-9200/9400 と加振機の接続例



加振機、アンプの内部・外部入力切り替えの例



3-3. CF-9200/9400 の設定

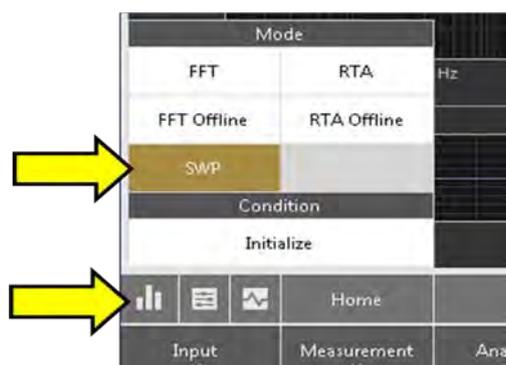
ここでは FFT アナライザを専用モードに切替えて、各種セッティングを行います。

1) CF-9200/9400 の起動

CF-9200/9400 の電源ボタンを押し本体を起動します。

液晶画面左下の「モード切替えボタン」を押して【SWP】モードに切替えます。

※メッセージが出たら【OK】を押す。



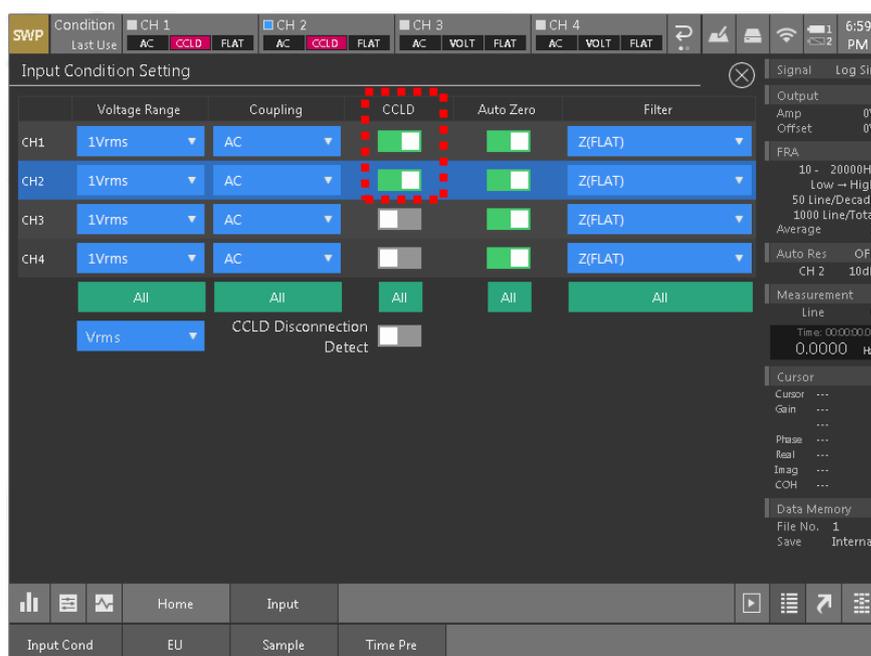
2) CF-9200/9400 に接続した加速度センサに電源電流を供給します。※

(※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】

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。操作が終了したら×押して閉じる。

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



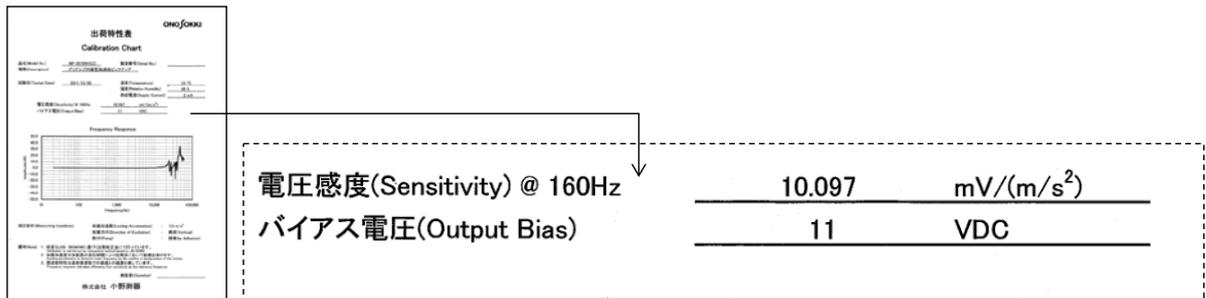
3) 接続センサの単位校正実施

CF-9200/9400 に接続している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】

① 使用する加速度センサに添付されている「出荷特性表」に記載の電圧感度を確認します。

「出荷特性表」・・・>記載の電圧感度 (Sensitivity)



電圧感度 : 10.097 mV/ (m/s²)

② CF-9200/9400 への校正値の入力

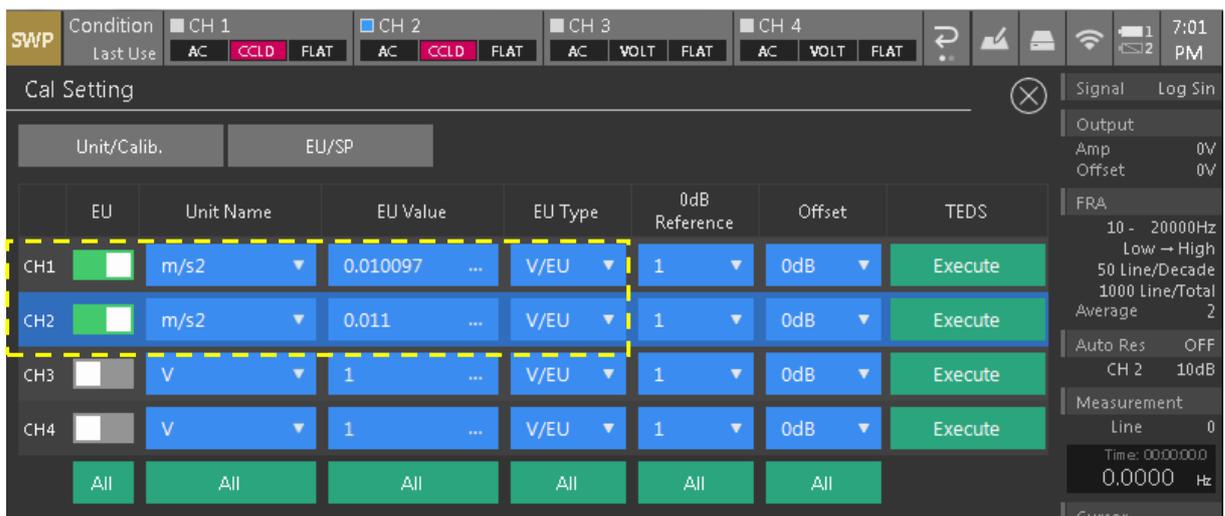
電圧感度を CF-9200/9400 に入力します。

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 にします。

操作が終了したら×押して閉じる。

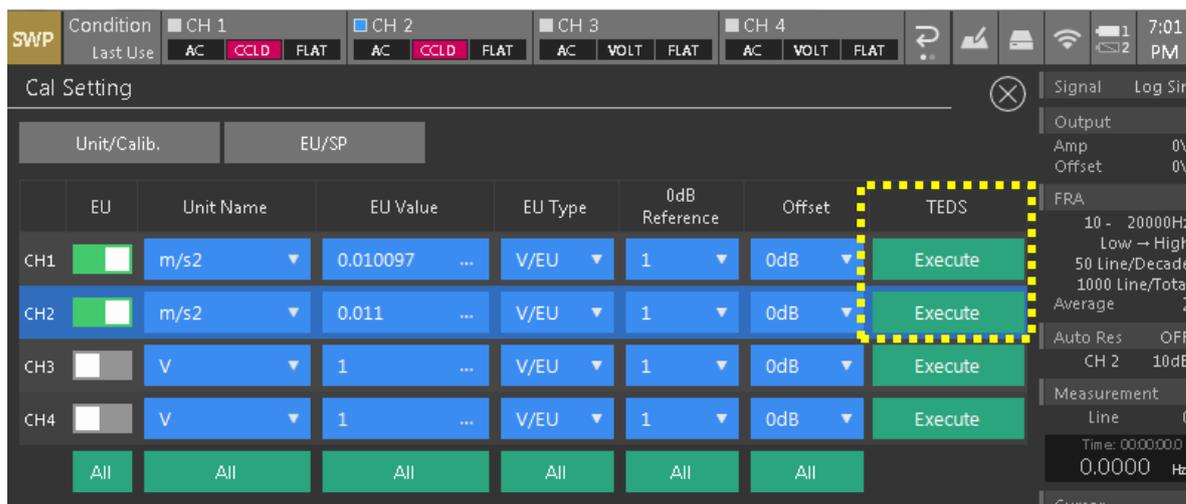
- ・ CH1/CH2 **Unito_Name** : m/s2 ⇐ 接続センサの振幅値の単位を選択。
- ・ CH1 **EU_Valu** : 0.010097 ⇐ CH1 接続センサの電圧感度を入力。
- ・ CH2 **EU_Value** : 0.011 ⇐ CH2 接続センサの電圧感度を入力。



【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す。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。

- ・ CH1/CH2 EU : ON
- ・ CH1/CH2 Unito_Name : m/s2 ⇐接続センサの振幅値の単位。
- ・ CH1 EU_Valu : 0.010097 ⇐ CH1 接続センサの電圧感度。
- ・ CH2 EU_Value : 0.011 ⇐ CH2 接続センサの電圧感度。

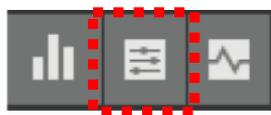
【ポイント】

「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。

3-4. Log スweepモードの設定 (Setting)

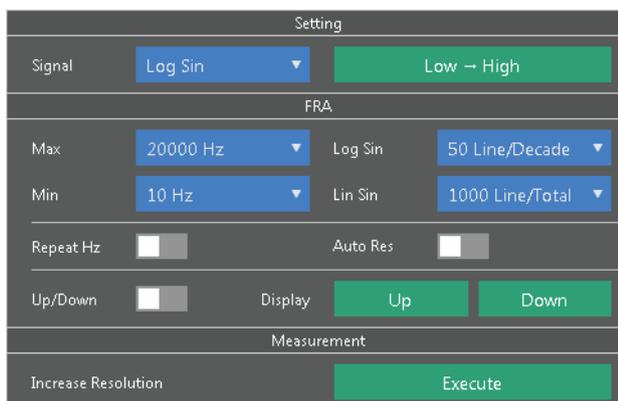
1) 液晶画面、左下にアイコン「操作オプションウインドウ」を選択します。



「操作オプションウインドウ」表示

2) Setting 1

- ・ Signal を【Log_Sin】に切替えます (設定確認)。
- ・ Sweep方向を設定します。【Low→High】 ⇔ 【High→Low】・・・ ①
- ・ 加振周波数の上限【Max】 (XX Hz) を設定する。・・・ ②
- ・ 加振周波数の下限【Min】 (XX Hz) を設定する。・・・ ③
- ・ 【Log_Sin】で 1Decade あたりのライン数 XXLins/Decade を設定します。④
- ・ 【Auto_Res】の ON/OFF を選択します。・・・ ⑤



動作テスト時の推奨

- ① 動作テスト時は【High→Low】。
- ② 上限は特に無し。
- ③ 動作テスト時は、下限【Min】 (XX Hz) は高め設定を推奨。(100 Hz 以上)
- ④ 動作テスト時は 1Decade あたりのライン数を少なく。(20~50 Line)
- ⑤ 動作テスト時は OFF を推奨。

◇ 動作テスト時とは、目的の振幅に制御する為の設定出し作業を指します。

周波数分解能を下げ、高周波側から掃引する事で振幅制御の動作状況を短時間に確認し設定作業の効率を上げる事ができます。

3) Setting 2

Log スイープモードの設定（ソフトキーで設定実施）

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】

① オートレンジ【Auto_Range】を ON にします。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】 > 【Auto Range】

※入力電圧レンジを自動切替えにし、ダイナミックレンジの大きい振幅に対応します。



② 信号出力レンジ調整機能【Sigout_Auto_Down】を ON にします。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】 > 【Auto Range】 > 【Sigout_Auto_Down】 > 【ON/OFF】

※制御目標の振幅に合わせて自動的に CF-9200/9400 の信号出力を下げる機能を ON。



③ 自動カップリング条件【Auto_Coupling】の ON/OFF を選択します。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】 > 【FRA Set】 > 【Auto Coupling】 > 【ON/OFF】

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】 > 【FRA Set】 > 【Auto Coupling】 > 【Change Freq】

※ スイープする帯域が入力の AC カップリング（HPF）の遮断周波数の影響を受ける帯域に入ってその影響を低減したい場合、自動的に AC/DC カップリングを切替える機能です。CF-9200/9400 の AC カップリングの遮断周波数は 0.5 Hz です。その 1 Decade 分（5 Hz）を目安に【Change Freq】の中から周波数を選定。選定した周波数を堺に AC/DC カップリングが切り換わります。



④ 平均回数【Average Num】を設定します。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Sweep】 > 【FRA Set】 > 【Sweep Set】 > **Average Num**

※平均回数の設定を行います。動作テスト時はデフォルトの「2回」のままです。

100 Hz 以下の低周波がスイープ範囲に入っている場合、平均回数を増やすと解析時間が掛かります。



4) Setting 3

アンプコントロールを【ON】にします。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Amp Control】 > 【ON】

出力コントロールの条件設定を行います。

【Home】 > 【Measurement】 > 【Amp Control】 > 【Set】



AMP Control のダイヤログ

A screenshot of the AMP Control dialog box. The dialog is titled 'Amp Control' and contains several settings:

- Amplitude: 1V
- Control Ch: CH1
- Amp Ch: CH1
- Input Kind: Acceleration
- Input Unit: m/s²
- Control Kind: Velocity
- Control Unit: m/s
- Param Kind: Lin
- AmpControl Mode: Divide
- Acceptable: 25%
- Constant Target (0-p): 0.5
- Devide Num: 5

Below the settings is a graph showing acceleration (m/s²) vs frequency (Hz) on a log-log scale. The graph shows several curves representing different bandwidths (BP1 to BP6). The x-axis ranges from 0.01 Hz to 10000 Hz, and the y-axis ranges from 0 to 50 m/s².

At the bottom of the dialog, there is a table of bandwidth settings:

Div #	Divide Freq	Divide Target (0-p)
BP1	0.01	5
BP2	1	5
BP3	10	10
BP4	100	10
BP5	1000	20
BP6	10000	20

The dialog also includes a 'Signal' section with 'Log Sin' selected, and a 'Measurement' section with 'Line' set to 0 and 'Time' set to 0.000000. The bottom of the dialog has 'On' and 'Set' buttons.

① **【Amplitude】** 加振機アンプに入力する信号電圧 (V) →0.1V に設定。

② Control_Ch の設定。

- ・ **【Amp Ch】** : 振幅監視用センサが接続されたチャンネルを選択します。

[CH1~CH4]

- ・ **【Input Kind】** 振幅制御に使うセンサの種類を選択します。

加速度センサ : [Acceleration]

速度センサ : [Velocity]

変位センサ : [Displacement]

- ・ **【Input Unit】** 振幅制御に使うセンサの単位の SI 接頭辞を設定する。

※振幅監視側と制御側の振幅単位が同じ場合 SI 接頭辞の選択は出来ません。

[Acceleration] : [m/s²] [mm/s]

[Velocity] : [m/s] [mm/s] [μm/s]

[Displacement] : [m] [mm] [μm] [nm]

③ Control

- ・ **【Contotrol Kind】** 制御を希望する振幅単位を選択します。

[Acceleration]

[Velocity]

[Displacement]

- ・ **【Control Unit】** 制御振幅の SI 接頭辞を設定します。

※振幅監視側と制御側の振幅単位が同じ場合、SI 接頭辞の選択は出来ません。

[Acceleration] : [m/s²] [mm/s]

[Velocity] : [m/s] [mm/s] [μm/s]

[Displacement] : [m] [mm] [μm] [nm]

- ・ **【Param Kind】** 振幅値の表示設定を Lin/dB 切替えします。

[Lin] / [dB]

④ Amp Control Mode

- ・ **【Amp Control Mode】**

設定した帯域を一定の振幅値で制御するなら [Constant] を選択します。

帯域ごとに振幅値を分割するなら [Divide] を選択します。

- ・ **【Acceptable】** 制御振幅の許容値の設定。

許容できる制御誤差を設定します。

(注意) 許容値を小さくしすぎると共振の影響等でスイープが進まなくなる事があります。
最初は 10~25%位の値から始め、制御動作確認後に値を小さくする事をお勧めします。

- ・ **【Constant Target】** 目標の制御振幅値を片振幅値で設定します。

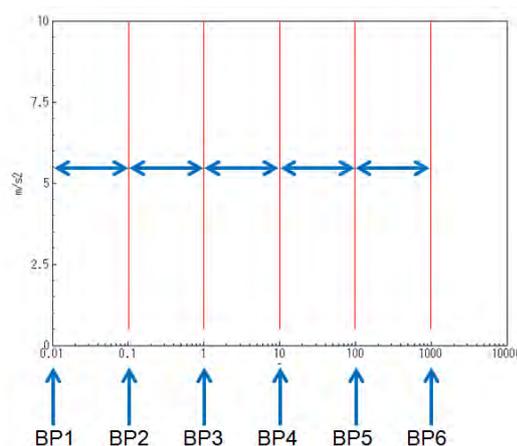
- ・ **【Divide Num】**

【Amp Control Mode】 で **【Divide】** 選択の場合、スイープする帯域の分割数を選択します。

◎ **【Amp Control Mode】 【Divide】 (帯域ごと条件分割) 選択の場合。**

【Divide】 (帯域ごと条件分割) を選ぶと 0.01 Hz~100 kHz の範囲を 2~5 分割し各々の制御振幅 (片振幅) を設定する事ができます。

【Divide_Num】 5 分割の場合と、分割と BP のイメージ。



赤：目標振幅 (0-p) / 緑：許容誤差範囲

※この作業が終了したら×で閉じる。

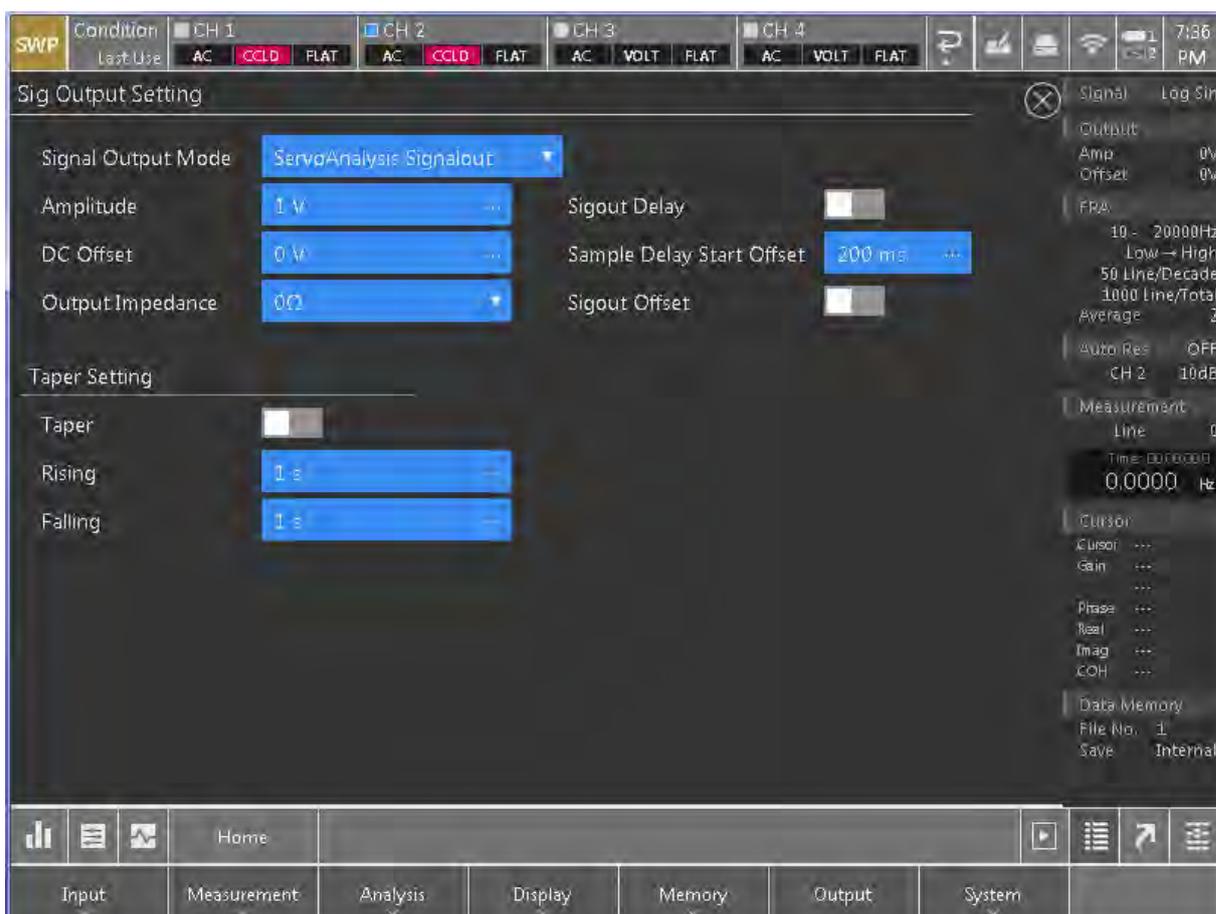
5) Setting4

信号出力の設定を行います。

【Home】 > 【Output】 > 【Signal Output Mode】

◎ここはデフォルト。設定項目無し。設定の解説のみ行います。

- ・【Amplitude】 加振アンプに入力する信号を片振幅値 (V) で設定。
- ・【DC Offset】 設定なし。
- ・【Output Impedance】 出力インピーダンスを 50 Ω にする。



① Taper Setting

信号電圧が 0V から指定電圧になるまでの時間⇒0V になる迄の時間を指定します。

- ・【Taper】 テーパー機能の使用を ON/OFF で選択する。
- ・【Rasing】 テーパーの立ち上がり時間を単位 (s) で設定。
- ・【Falling】 テーパーの立ち下がり時間を単位 (s) で設定。
- ・【Sigout Delay】 サンプリング開始の遅延機能は OFF。

※この作業が終了したら×で閉じる。

以上で、設定は終了です。

4. 制御テスト

実際に CF-9200/9400 より電磁加振機を作動させ、目的の振幅で制御できるかテストを行います。

1) 線図グラフの切替え

- ・ FRF グラフウィンドウの右上の表示をパワースペクトルにします。

【Home】 > 【Display】 > 【FRF Graph】 → Power/Nyquist



※Power (パワースペクトル) を ON にする。

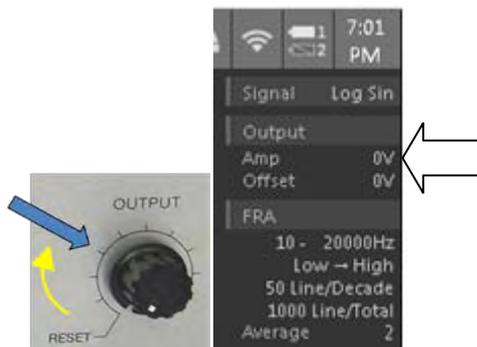
2) 電磁加振機の可動準備

- ・ 電磁加振機の電源スイッチを ON にします。
- ・ 出力ボリューム (つまみ) を RESET から 10 時位置※にします。

※10 時位置は目安。

※ON 時にツマミが RESET 位置に無かった場合、必ず RESET 位置にしてから 10 時位置にする。

※加振時に【OUT_PUT 電圧】が 10V に達している場合は更に 12 時方向に廻し加振機側でアンプする。



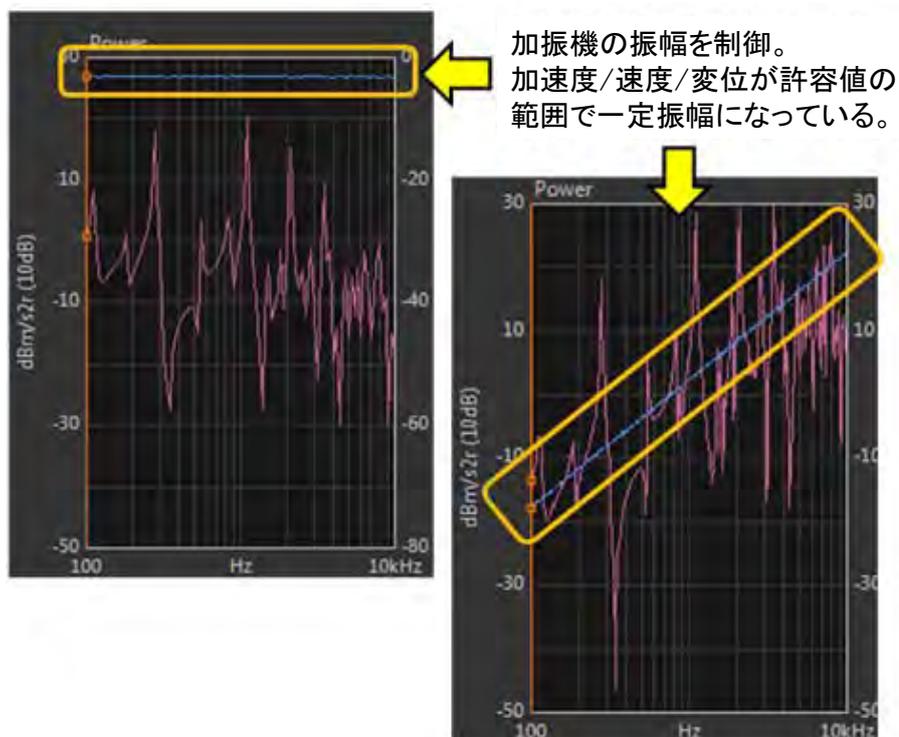
3) 加振制御の開始。

本体パネルの【START】ボタンを押すと加振と計測が開始します。



4) 電磁加振機の作動とスイープ開始を確認します。

◎スイープ終了後、パワースペクトルで振幅が制御され「直線」になっている事を確認します。



【加振制御が掛からない時】

加振制御が掛からない理由は様々ですが、以下の内容を中心にチェックしセッティングを変えます。

□制御振幅の要求が大きすぎる。

→制御振幅（要求値）を小さくする。

→電磁加振機を大型の物に交換する。

□制御許容値が厳しすぎる。

→値を大きく（緩く）する。

□制御帯域が広すぎる、または低すぎる。

→振幅監視用のセンサがカバーしている帯域をチェック、交換。

→スイープ帯域を狭くする。

□加振機の駆動電圧不足（信号出力が10Vに張りつく）

→加振アンプの増幅率を増やす。

□機器の基本動作

→センサのCCLD オフ。ケーブル断線。校正ミスのチェック。

5. 本計測とデータの保存

1) GF-9200/9400 のセッティング確認と変更

動作テスト用に行った簡易的な値を見直し、本計測用の値を再入力します。

- ・ 平均回数
- ・ Line/Decade
- ・ 制御振幅値
- ・ 許容値
- ・ スイープ方向。
- ・ スイープ帯域

2) 本体パネルの【START】 ボタンを押すと加振が開始します。

- ・ 電磁加振機の作動とスイープ開始を確認します。
- ・ パワースペクトルで振幅が制御され「直線」になっている事を確認します。

3) データの保存①

- ・ 本体の【SAVE】 ボタンを押すと取得データが保存されます。



データは最大 4 種類のフォーマットで保存できます。

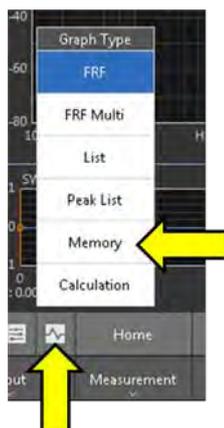
- ・ sdt 形式 (バイナリ形式)
- ・ CSV 形式※ ※保存設定時
- ・ TXT 形式※ ※保存設定時
- ・ BMP 形式※ ※保存設定時

002_FRF_20kHz_2048_CH1-2_Graph1.csv
002_FRF_20kHz_2048_CH1-2_Graph1.sdt
002_FRF_20kHz_2048_CH1-2_Graph1.txt

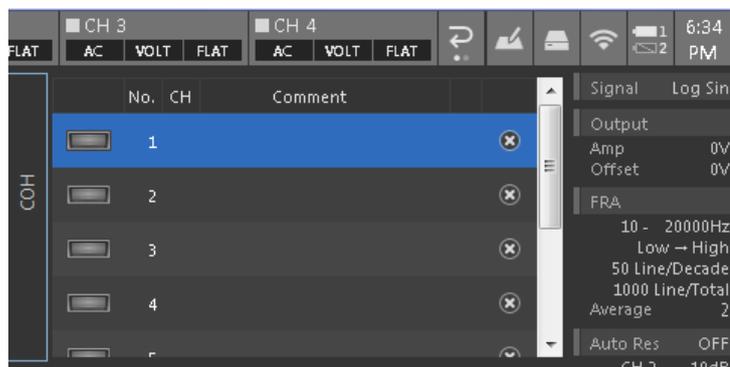
4) データの保存②

計測対象の比較検討用に一時保存し、重ね書きでの比較を行えます。

① グラフ種切替→Graph Type の Memory を選択します。

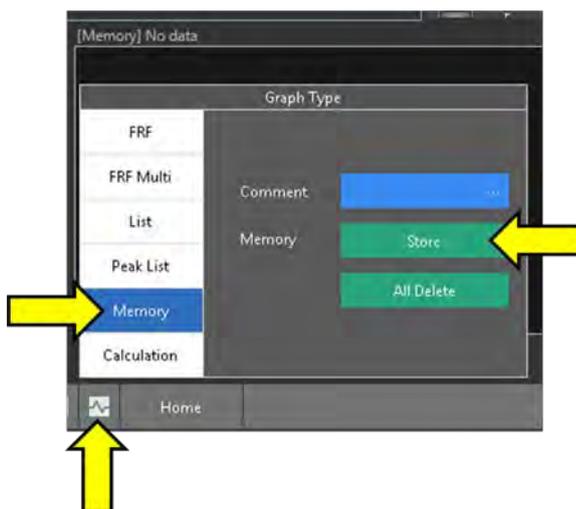


② 保存したいスタック (No.1~8) を選択します。(タッチすると指定されます)



③ 再度、グラフ種切替え→Graph Type の Memory を選択します。

④ Memory の【Store】をタップして結果を保存します。



⑤ データスタックによる重書き (OVERLayer) の例



データスタックの例

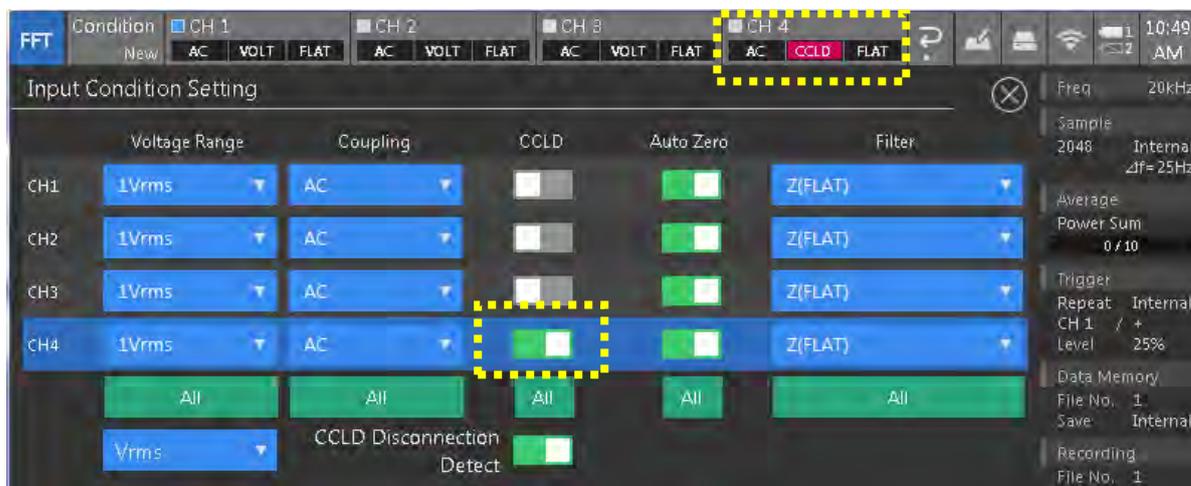
6. その他 校正作業

【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（152.2Hz 10m/s²(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】



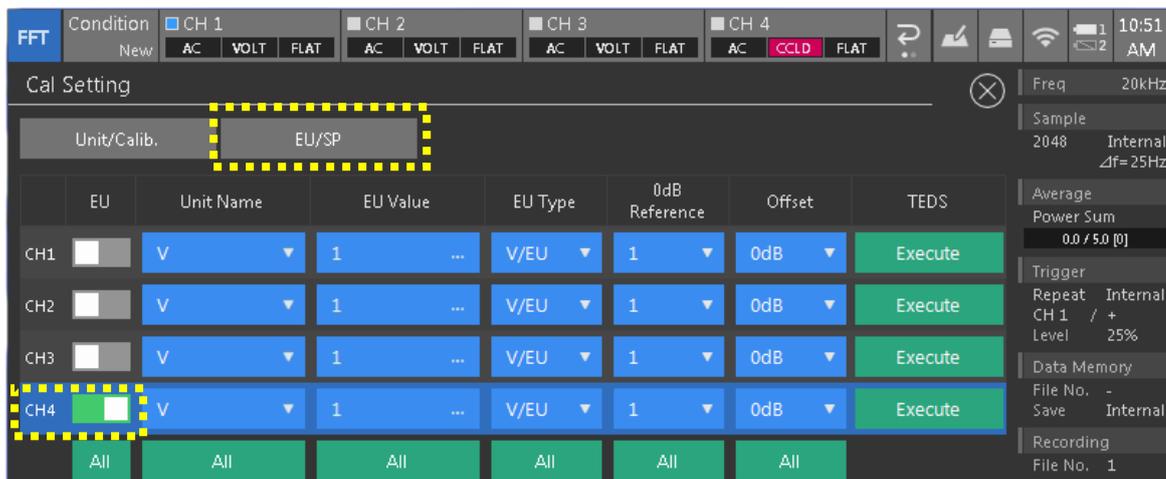
加速度センサが接続されているチャンネルの「CCLD」をタッチし CCLD を ON にします。
※例では CH4 の CCLD を ON。

2) 校正メニューに入ります。

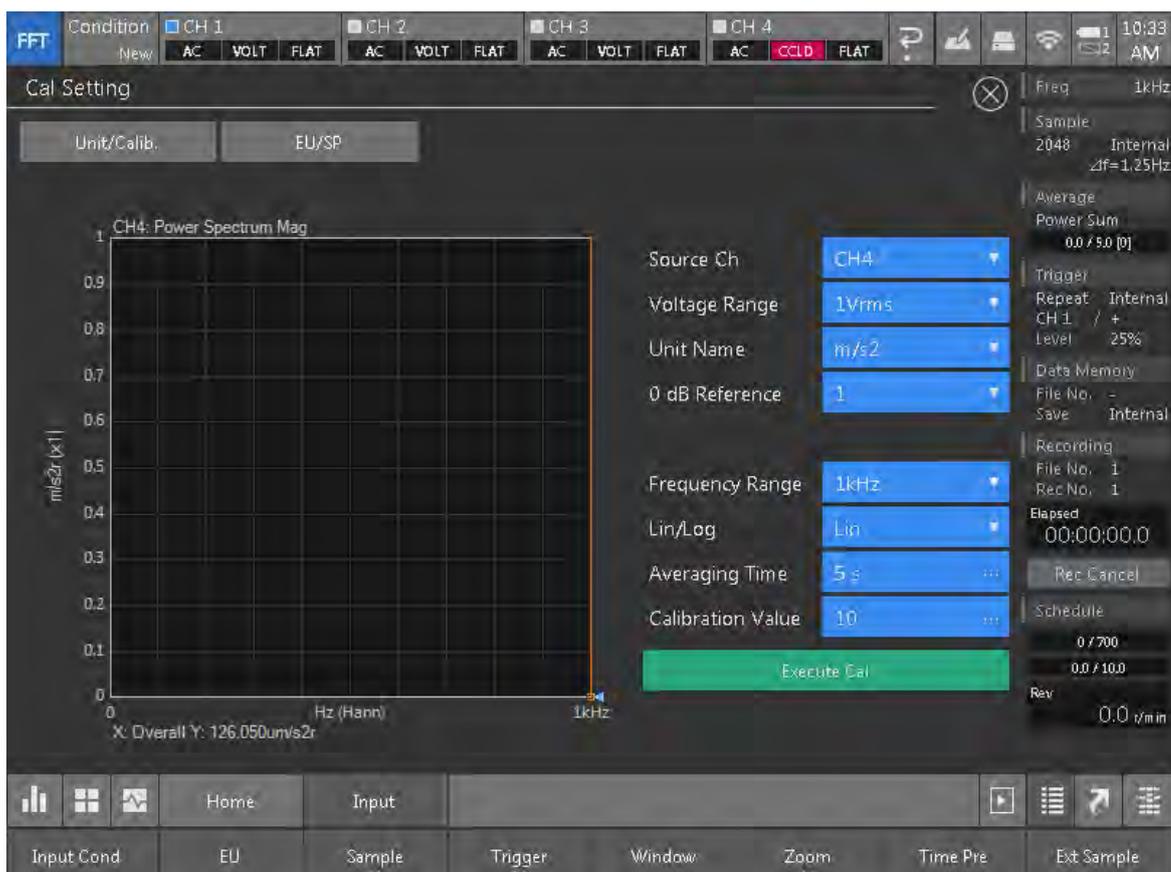
ソフトキー : 【Home】 > 【Input】 > 【EU】

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。



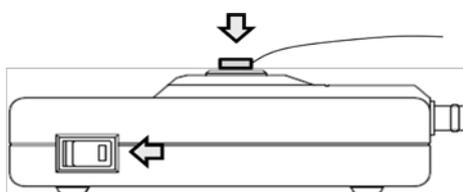
- ・ 【Source Ch】 : 校正したいCHを選択 (例では CH4)
- ・ 【VoltageRange】 : 入力電圧レンジ (1 Vrms (DEFAULT))
- ・ 【UnitName】 : 校正したい単位を選択 (例では m/s²)

- ・【0 dB Reference】 : 0 dB 基準 値を入力（1 DEFAULT）
- ・【Frequency Range】 : 1 kHz
- ・【Lin/Log】 : Lin
- ・【AverageTime】 : 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/s²））

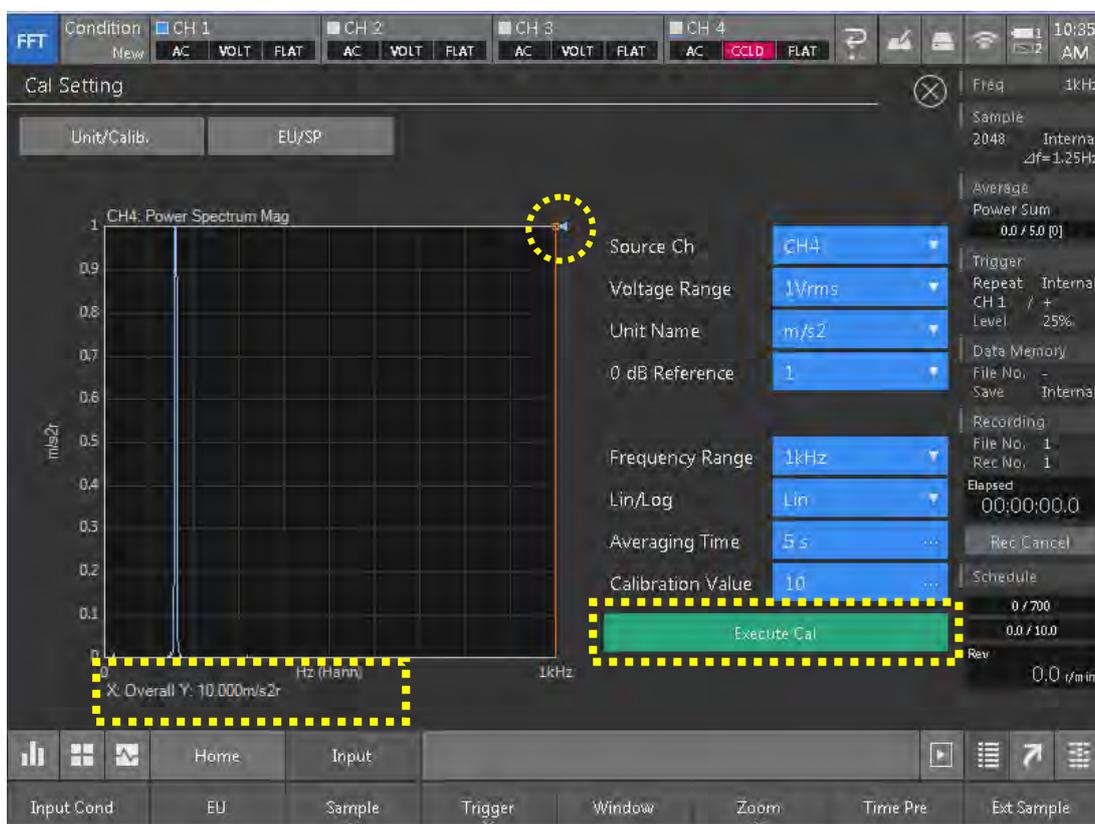
入力が終わったら、サーチカーソルを1kHz（画面右端）に移動し「Overall」になる事を確認します。

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/s²r」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/s² (rms) ±3 %
- ・ 加振速度 : 10 mm/s (rms) ±4 %
- ・ 加振変位 : 10 μm (rms) ±5 %

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