

計測に関するよくある質問から

- 第 7 回 外部機器からの信号による周波数応答関数の計測 その 2 -

当計測コラムでは、当社お客様相談室によくお問い合わせいただきご質問をとりあげ、回答内容をご紹介します。今回は前回に引き続き、加振器のコントローラなどの外部機器からのサインスイープ信号により周波数応答関数を計測する方法をご紹介します。

外部機器からのサインスイープ信号を使用する方法では、解析装置の FFT 演算とは無関係にサイン波の周波数が変化するため、サイン波のスイープ速度が速すぎると正しい結果が得られません。今回は、スイープ速度が速すぎた場合に、各チャンネルのパワースペクトルの値は本来の振幅よりも小さめの値になる様子などをご紹介します。

●外部機器からの信号による周波数応答関数計測

前回ご紹介した、外部機器からのサインスイープ信号により周波数応答関数を計測するシステム構成の一例を図 1 に再掲します。この構成例は発信器付コントローラからサインスイープ信号を出力し、加振器を振動させるものです。加振器と被測定物にそれぞれ加速度ピックアップを付け、これらの信号から被測定物の周波数応答関数（固有振動数）を計測します。

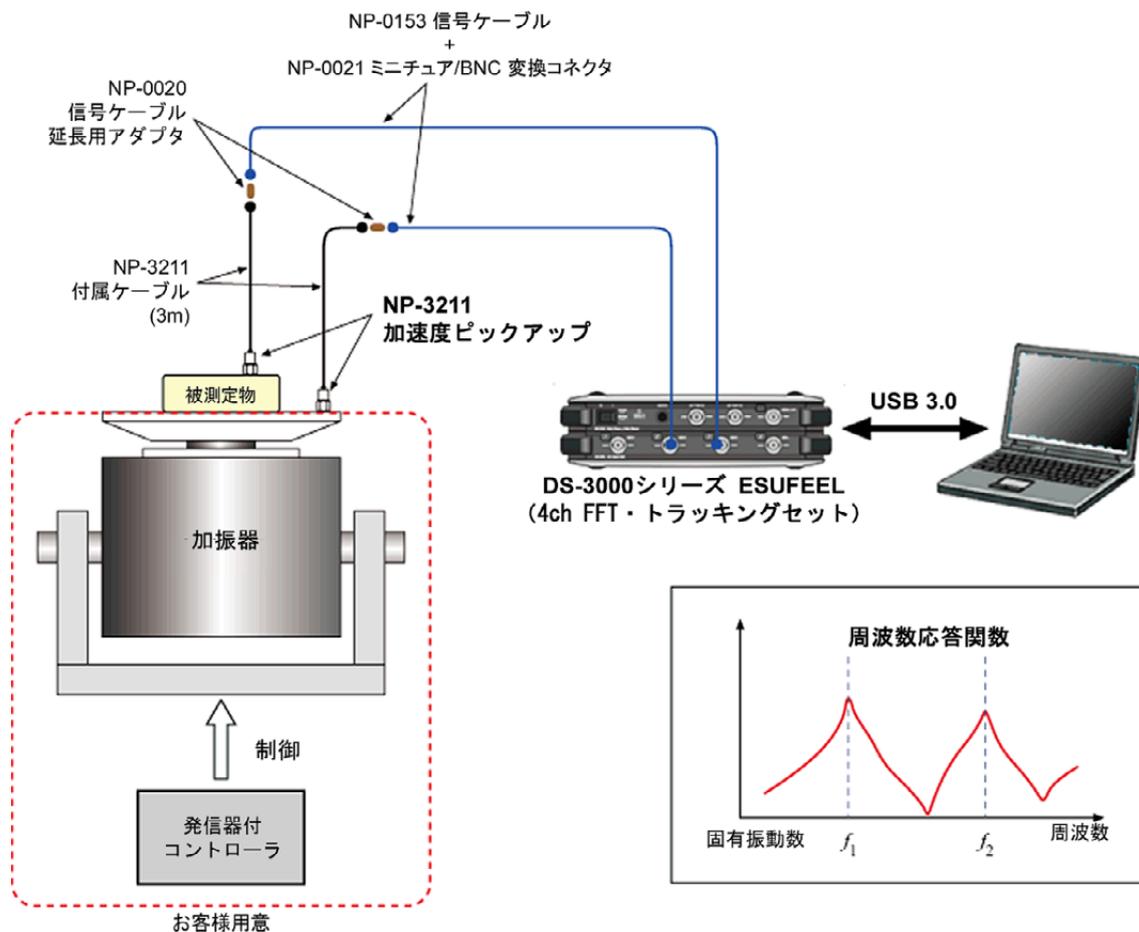


図1 加振器コントローラからの信号による振動計測のシステム構成例

●スweep速度の目安

前回ご紹介したとおり、周波数レンジ、サンプル点数、FFT 時間長と理想的なスweep速度の関係は次の式になります。また、それらの例を表1に示します。

$$\text{ライン数 [点]} = \text{サンプル点数 [点]} \div 2.56$$

$$\text{周波数分解能 [Hz]} = \text{周波数レンジ [Hz]} \div \text{ライン数 [点]}$$

$$\text{FFT時間長 [秒]} = 1 \div \text{周波数分解能 [Hz]}$$

$$\begin{aligned} \text{スweep速度 [Hz/秒]} &= \text{周波数分解能 [Hz]} \div \text{FFT時間長 [秒]} \\ &= (\text{周波数分解能 [Hz]})^2 \end{aligned}$$

表 1 周波数レンジ、サンプル点数、FFT 時間長と理想的なスイープ速度の一例

周波数レンジ	サンプル点数	周波数分解能	FFT 時間長	スイープ速度
Hz	点	Hz	秒	Hz/秒
40000	4096	25.0	0.04	625.0
20000	4096	12.5	0.08	156.3
10000	4096	6.25	0.16	39.06
5000	4096	3.13	0.32	9.77
2000	4096	1.25	0.80	1.56
1000	4096	0.63	1.60	0.39
20000	1024	50.0	0.02	2500.0
10000	1024	25.0	0.04	625.0
5000	1024	12.5	0.08	156.3
2000	1024	5.00	0.20	25.00
1000	1024	2.50	0.40	6.25

●外部機器からのサインスイープ信号による計測例

図 2-1、図 2-2、図 2-3 に外部機器から入力されたサインスイープ信号を計測した際のパワースペクトルを示します。周波数レンジは 400 Hz、サンプル点数は 1024 点で周波数分解能は 1 Hz で、理想的なスイープ速度が 1 Hz/秒となるような設定です。ファンクションジェネレータから振幅 0.1 Vrms、周波数範囲 20 Hz から 200 Hz のサインスイープ信号を出力しました。スイープ時間とスイープ速度は 180 秒（1 Hz/秒）、45 秒（4 Hz/秒）、11.25 秒（16 Hz/秒）の 3 通りで、それぞれ計測条件から求められる理想的なスイープ速度の 1 倍、4 倍、16 倍です。

各計測結果の上段は、サインスイープ信号を計測した際のパワースペクトルです。下段は周波数が 100 Hz のときの瞬時スペクトルで、50 Hz から 150 Hz までの範囲を拡大して表示しています。

入力信号の振幅値は 0.1 Vrms（-20 dBVrms）ですが、パワースペクトルの振幅値はスイープ速度が 1 Hz/秒の場合が約 -21.6 dBVrms、4 Hz/秒の場合が約 -22.1 dBVrms、16 Hz/秒の場合が約 -26.3 dBVrms と、スイープ速度が速くなるほど小さくなっています。また、瞬時スペクトルをみるとスイープ速度が速くなるほど 100 Hz 成分のピークの幅が広くなり、その分ピークの高さが低くなっているのがわかります。

今回の計測条件では FFT 時間長は 1 秒です。100 Hz のときの瞬時スペクトルを求めるには 1 秒間の時間波形が必要です。スイープ速度が 16 Hz/秒の場合、その時間波形には周波数が 92 Hz のときから 108 Hz のときまでの時間波形が含まれているために、その時間波形から求めた瞬時スペクトルはその分横に広がってしまい、ピークの高さ（振幅）が低くなります。

このような現象をさけるためには、サイン波のスイープ速度を遅くするか、理想的なスイープ速度が速くなるように測定条件をかえる必要があります。

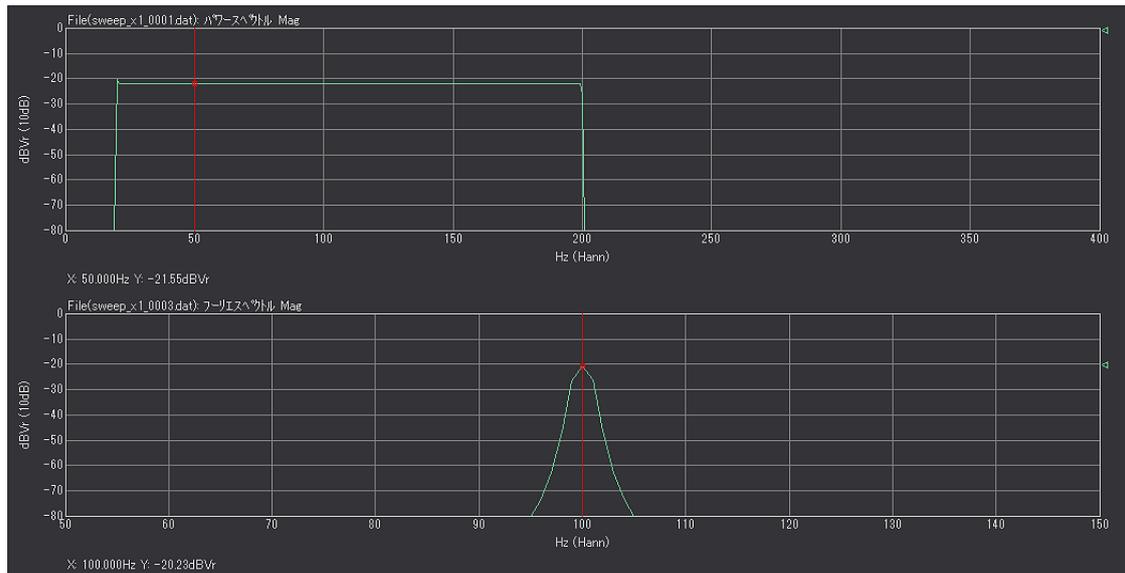


図 2-1 サインスイープ信号の計測結果例（スイープ時間: 180 秒、スイープ速度: 1 Hz/秒）

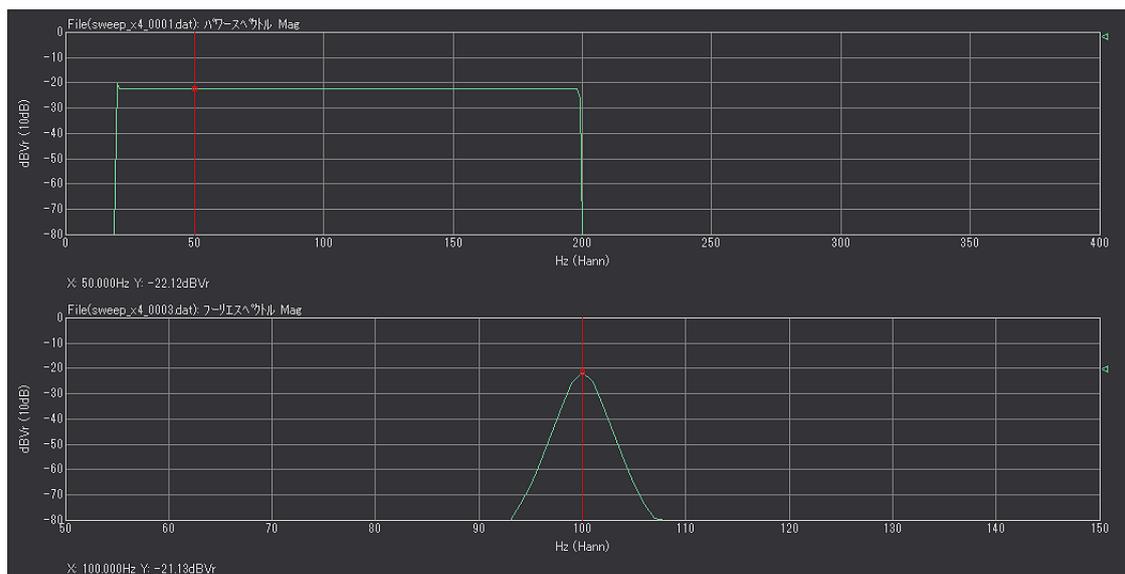


図 2-2 サインスイープ信号の計測結果例（スイープ時間: 45 秒、スイープ速度: 4 Hz/秒）

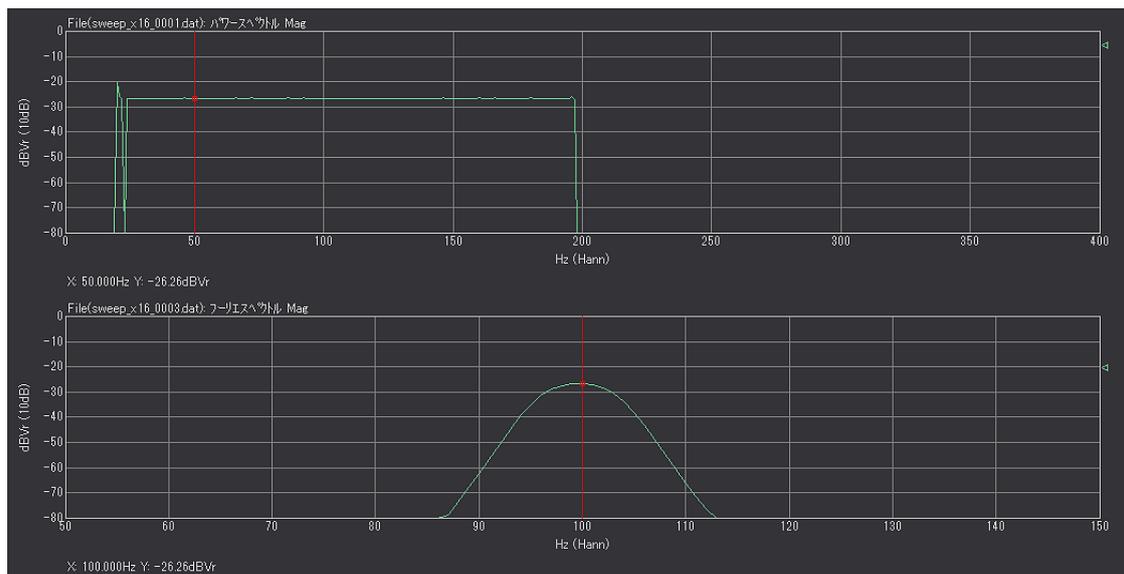


図 2-3 サインスイープ信号の計測結果例（スイープ時間: 11.25 秒、スイープ速度: 16 Hz/秒）

●外部機器からのサインスイープ信号による計測例（ログサインスイープ）

上記では、1 秒あたりの周波数変化率が一定な“リニアサインスイープ信号”による計測結果を紹介しました。サインスイープ信号による計測では、周波数が高くなるほどスイープ速度が速くなる“ログスイープ信号”が使われる場合もあります。

“ログスイープ信号”のスイープ速度は、1 オクターブ/10 秒といったように何秒間で周波数が 1 オクターブ変化するかで示します。ここで 1 オクターブとは周波数が倍になるまでの周波数範囲です。

図 3 に外部機器から入力されたログサインスイープ信号を計測した際のパワースペクトルを示します。周波数レンジは 400 Hz、サンプル点数は 1024 点で周波数分解能は 1 Hz です。ファンクションジェネレータから振幅 0.1 Vrms、周波数範囲 20 Hz ～ 320 Hz、スイープ時間 40 秒のログサインスイープ信号を出力しました。スイープ速度は 1 オクターブ/10 秒です。周波数が 20 Hz から倍の 40 Hz になるまでの時間が 10 秒間、40 Hz から 80 Hz までが 10 秒間、80 Hz から 160 Hz までが 10 秒間、160 Hz から 320 Hz までも 10 秒間で、あわせて 40 秒間で 20 Hz から 320 Hz までスイープしています。

単位時間当たりのスイープ速度は周波数が高くなるほど速くなります。スイープ速度は 20Hz のときが 1.4 Hz/秒、40 Hz のときが 2.8 Hz/秒、80 Hz のときが 5.5 Hz/秒、160 Hz のときが 11.1 Hz/秒で、320 Hz では 22.2 Hz/秒です。

図3をみると、周波数が高くなるほどパワースペクトルの振幅が低くなっているのがわかります。これは周波数が高くなるほど単位時間当たりのスイープ速度が速くなるためです。また、313 Hz 付近にスペクトルの欠損があります。これはスイープ速度が速すぎてFFT演算処理が間に合わなかったためです。

このような現象がおこるため、FFT解析を使って周波数応答関数を計測する場合の信号としては、ログサインスイープ信号はむいていません。ログサインスイープ信号しか使用できない場合は、測定する周波数範囲をせばめる、理想的なスイープ速度が速くなるように測定条件を変更するなどする必要があります。

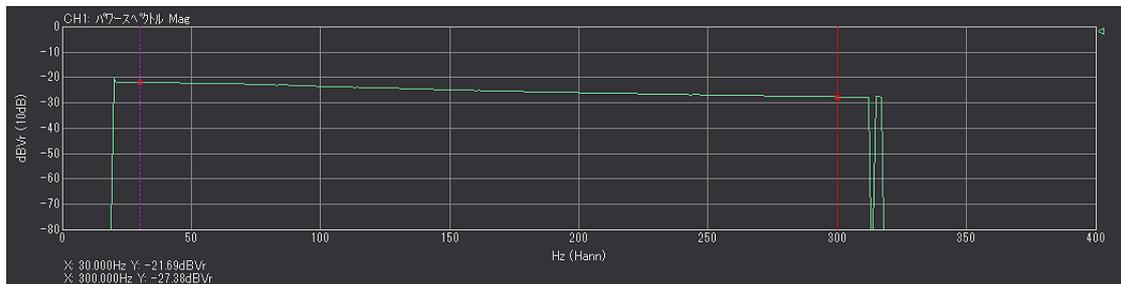


図3 サインスイープ信号の計測結果例 (1 オクターブ/10 秒)

●まとめ

今回は、外部機器からのサインスイープ信号による計測について、リニアサインスイープ信号とログサインスイープ信号の計測例をご紹介しました。

いずれの場合も、サインスイープ信号のスイープ速度が速すぎると正しい計測ができません。その場合は、スイープ速度を遅くしたり、測定条件を変更したりする必要があります。また、リニアサインスイープ信号とログサインスイープ信号が選べるのであれば、リニアサインスイープで計測してください。

以上
(YK)