

計測コラム emm72 号用

波形と FFT - 10

8. サーチエンハンス機能とズーム機能

入力信号が sin 波の場合など、周波数をより正確に読みたい場合があります。方法として；

- 周波数レンジは同じでもサンプル点数を多く設定する
- サーチエンハンス機能（周波数分解能を補正して読みとる）
- ズーム機能（指定した中心周波数と周波数幅で FFT する）

があります。今回はこの機能を説明します。

8-1 サンプル点数

図 8-1 は入力信号 sin 波 502Hz を周波数レンジ 1kHz、サンプル点数を 256、2048、16384 点で FFT したパワースペクトルを示します。周波数分解能はそれぞれ 1kHz の 1/100、1/800、1/6400 になり、16384 点ではパワースペクトルが最大の X 軸値 = 502.031Hz と、より詳細な周波数が読み取れます。

以前に説明しましたが DS-0221 FFT 解析ソフトでは；

$$\text{周波数分解能} = \text{周波数レンジ} \div (\text{サンプル点数} \div 2.56)$$

となります。

図 8-1 の上段はサンプル点数 256 で X 軸分解能が荒いスケールとなっていて、中下段と違うような感じがしますが、ウィンドウ関数が同じハニングウィンドウですので前号で説明したバンドパスフィルターの形は変わりません。

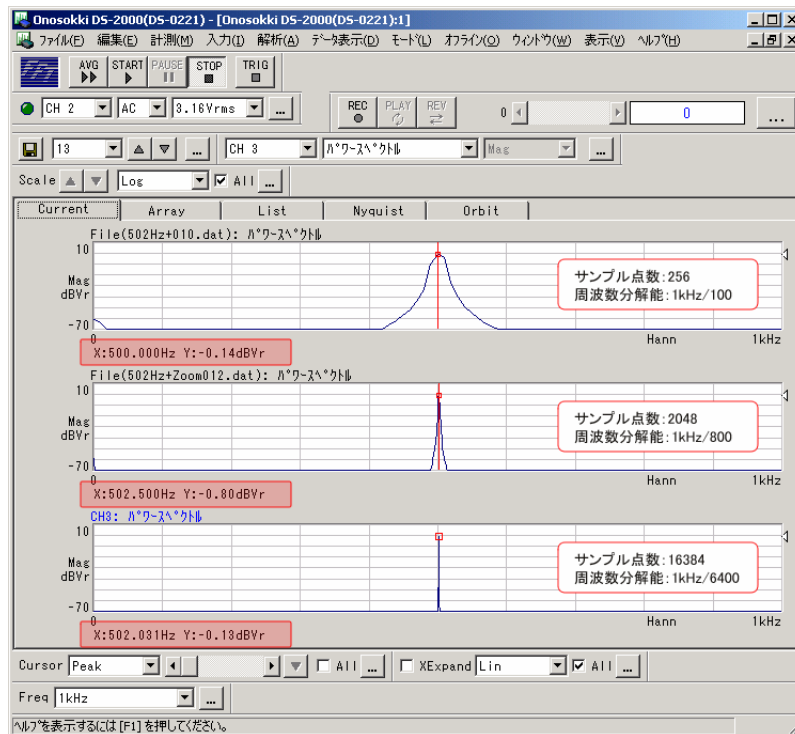


図 8-1 サンプル点数と周波数分解能

8-2 サーチエンハンス機能

サーチエンハンス機能はハニングウィンドウの場合のみ有効です。サーチ位置の周波数を、バンドパスフィルターの形から周波数分解を 32 倍にアップして求めます。この機能を【サーチエンハンス機能】といい、当社オリジナルな技術です。

図 8-2 の右図は、図 8-1 のサンプル点数 256 のスペクトルデータを使いサーチエンハンス機能を ON にした様子を示します。左図はサーチエンハンス機能 OFF です。サンプル点数 256 点の場合、周波数分解能は 10Hz ですから、サーチで周波数を読み取る場合 500Hz の次は 510Hz になり 10Hz 飛びの読み取りになります。

サーチエンハンス機能 ON では周波数分解能が $1\text{kHz} / (100 \times 32) = 0.3125\text{Hz}$ になり、サーチ位置の周波数は：#X：501.875Hz #Y：-0.04dB と表示され、サーチエンハンス機能を使わない場合に比べ、より入力信号 502Hz に近い値を読み取ることができます。サーチエンハンス機能 ON のときは#X と # 記号を付して表示しています。

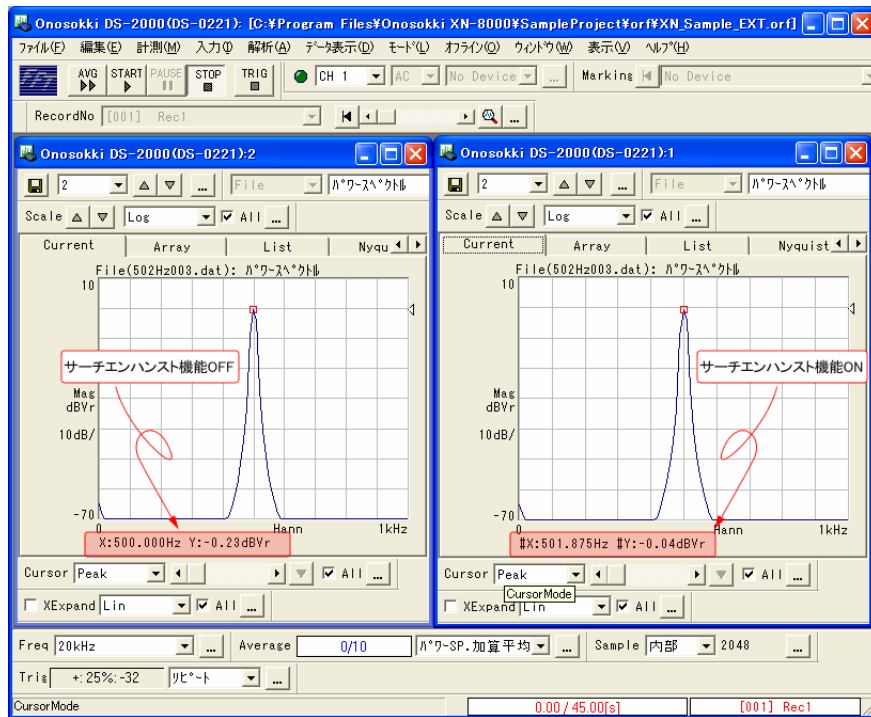


図 8-2 サーチエンハンス機能

8-3 ズーム機能

ウィンドウ関数に関係なく分解能を向上させる方法として【デジタルズーム】があります。DS-0221 FFT 解析ソフトでは単に【ズーム機能】と称しています。

ズーム機能は特定の周波数範囲 $f_1 \sim f_2$ を通常の FFT でスペクトル表示される $0 \sim f$ (周波数レンジ Hz) の範囲に表示するよう周波数を変換します。 $f = f_2 - f_1$ の幅が f の幅へ M 倍 ($f \cdot M = f$) に拡大表示されることから、周波数を細かく観測できるようになります。

図 8-3 下図は周波数レンジ 1kHz、サンプル点数 256 の条件で、入力信号 sin 波 502Hz を $500\text{Hz} \pm 10\text{Hz}$ の幅にズーム設定し、ズーム機能 ON で FFT した様子を示します。上図はズーム機能が OFF です。X 軸は $0 \sim 1\text{kHz}$ 間を 100 等分、周波数分解能で 10Hz のパワースペクトルが表示されています。ズーム機能 ON では $490\text{Hz} \sim 510\text{Hz}$ の周波数帯を同じく 100 等分 (分解能 $20\text{Hz}/100 = 0.2\text{Hz}$) で表示され、周波数分解能が 50 倍になっていて、入力信号周波数 502Hz がより正確に読み取ることができます。

ズーム機能は、まず入力信号を設定された $f_1 \sim f_2$ の狭帯域バンドパスフィルターを通します。この信号に周波数 f_1 の \cos 波を掛け算し、 $- \sim +$ へ周波数シフトします。このとき寄生成分も発生しますので、これを除去するため、通常の FFT を行うようにエリアシングフィルターを通し、 f_1 の 2.56 倍の周波数でリサンプリングを行います。この一連の処理がデジタル演算で実行され、リサンプルされたサンプル点数 N で FFT します。

注意点は、周波数分解能は f とサンプル点数 N で決まり周波数レンジ f と比較すると $M = f / \Delta f$ 倍になります。リサンプル点数 N を時間 T で考えると ($T = N \div$ サンプル周波数より) 周波数レンジ f のときより M 倍の時間長となります。またズーム機能 ON のときの時間軸波形表示は周波数シフトされた波形が表示され、入力波形ではありません。

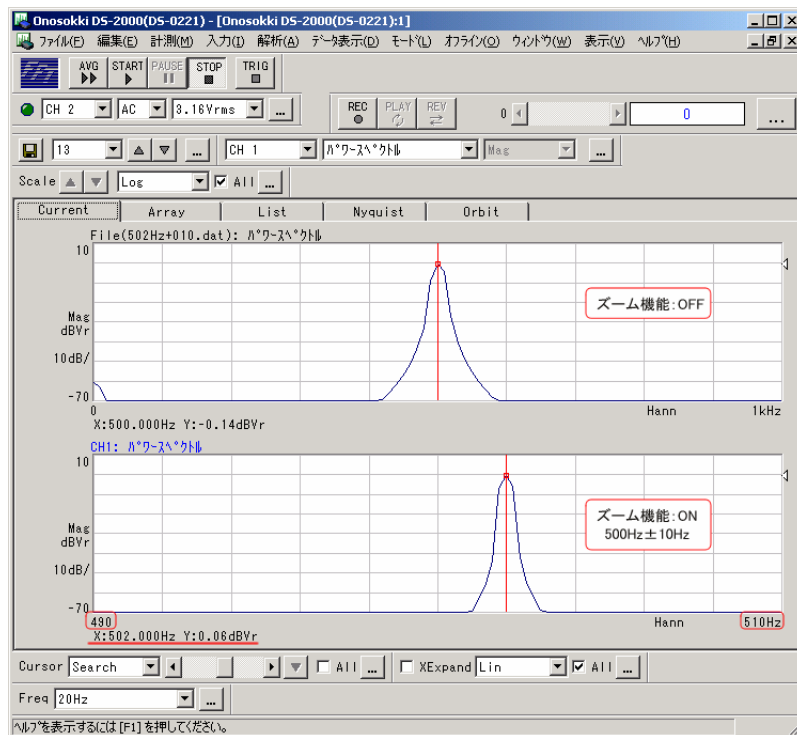


図 8-3 ズーム機能

8-4 周波数分解能をあげたときのスペクトルの変化

周波数分解能 10Hz のときのバンドパスフィルターの幅は、周波数分解能 0.2Hz の 50 個分の幅になります。今回は sin 波で説明してきましたのでスペクトルの大きさは同じですが、一般的な波形、特にランダム波形の周波数は広く分布しますので、周波数分解能が高くなるほど細分化されたパワースペクトルが表示されるためパワースペクトルは小さくなります。ランダムな信号のパワースペクトルを見る場合は周波数分解能にも注意しましょう。図 8-4 はランダム信号をサンプル点数 256 と 2048 の場合のパワースペクトルです。

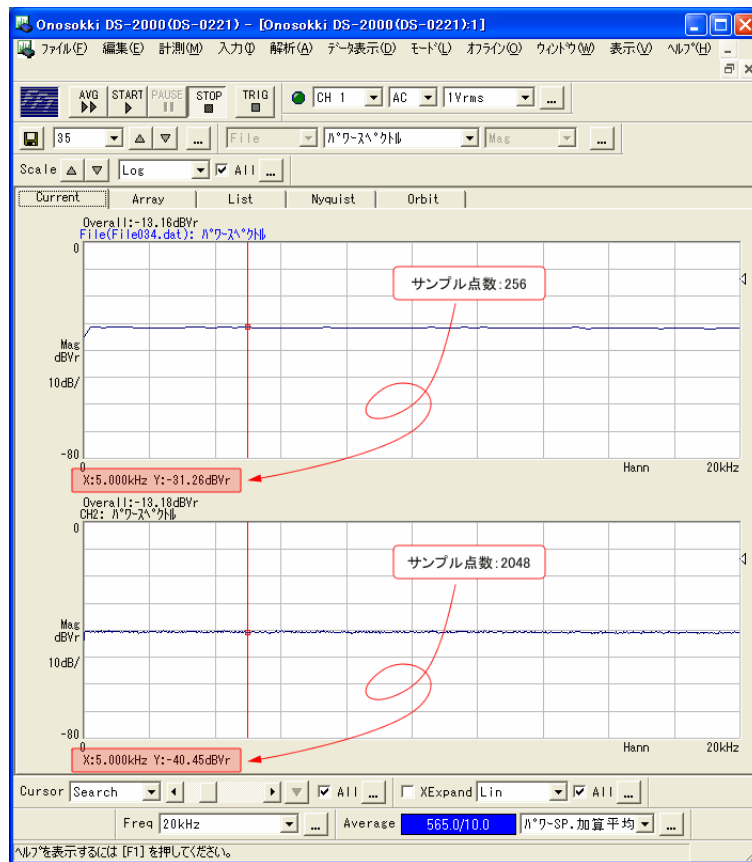


図 8-4 ランダム信号のパワースペクトル

8-5 パワースペクトル密度

ランダムな信号の場合、周波数レンジが同じでも周波数分解能が変わるとパワースペクトルの値が変わります。周波数分解能が変わっても同じパワースペクトル値になるようにする方法として【パワースペクトル密度】(PSD: Power Spectrum Density)があります。これは次式の通りFFTで求めたパワースペクトルを周波数分解能で割ることで1Hzあたりのパワースペクトルとして正規化して表示します。周波数レンジを800Hz、サンプル点数を2048に選ぶと1Hzの分解能となりますが、パワースペクトル密度を使うと任意のレンジで1Hzあたりのパワースペクトルを表示しますので便利です。なおオーバーオール値はパワースペクトルのときと同じになります。

$$PSD = \frac{P_i}{f \times W} \qquad \Delta f(\text{周波数分解能}) = \frac{\text{周波数レンジ}}{\text{サンプル点数} \div 2.56}$$

PSD : スペクトル密度

Pi : リニア表示のパワースペクトル (rms)

W : ウィンドウ関数補正值

- ・ レクタングラウインドウ 1
- ・ ハニングウインドウ 3/2
- ・ フラットトップウインドウ 3.6714

図 8-5 はランダム信号のパワースペクトルです。左列はサンプル点数 256 点、右列はサンプル点数 2048、上段はパワースペクトル、下段はパワースペクトル密度 (PSD) を表示しています。パワースペクトル密度の表示ではサンプル点数によるスペクトルの値に差が無く表示されています。

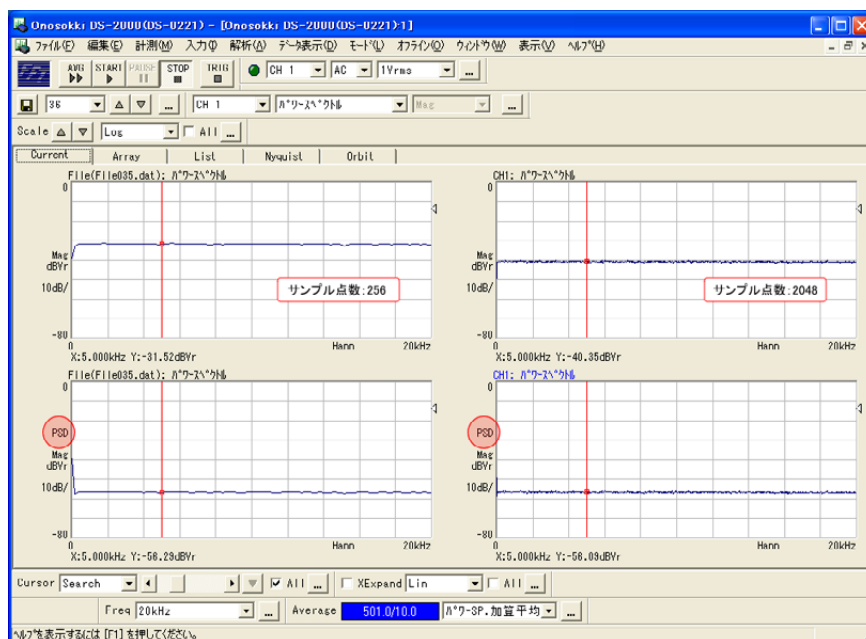


図 8-5

以上