

「新たな信号検出法である『局所的位相シフト検出法』についてより多くの実際的な分野のデータで効果を示す」

「局所的位相シフト検出法」検証実験の説明（詳細）

2017.06.04.
園部 和夫

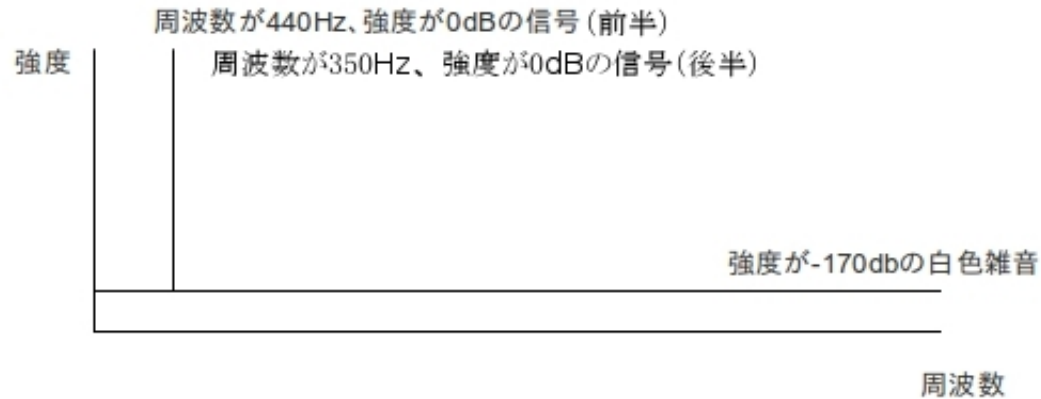
1. 「高調波歪みの除去」と「微小信号の検出」に関する検証

以下の要領で計算機上で作成した信号「周波数が途中で変化する信号」に対して「局所的位相シフト検出法」を用いて結果を求めた。

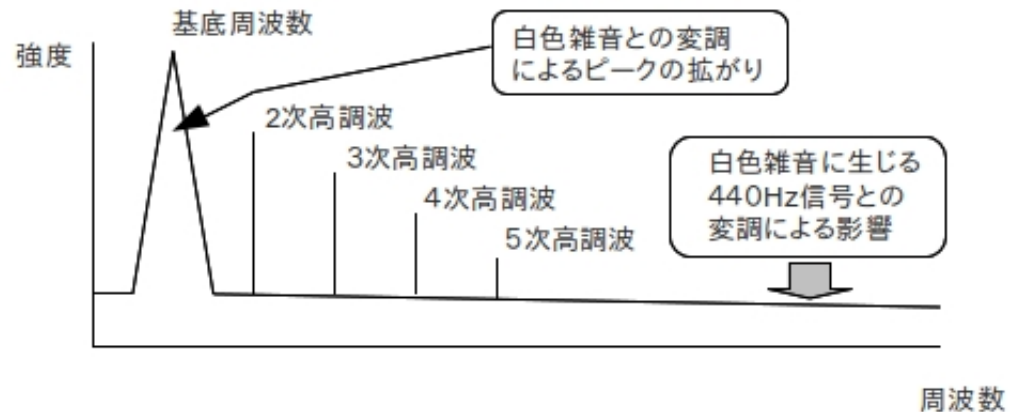
1-1) 強度が0dBで周波数が440Hz（前半）と350Hz（後半）の信号

1-2) -170dBの強度を持つ白色雑音

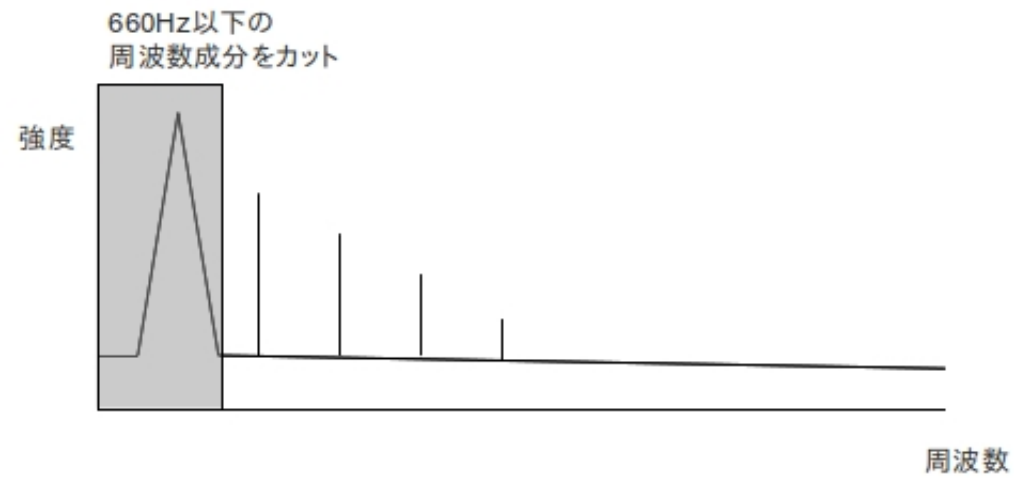
1-3) 1)の信号と2)の白色雑音を加算



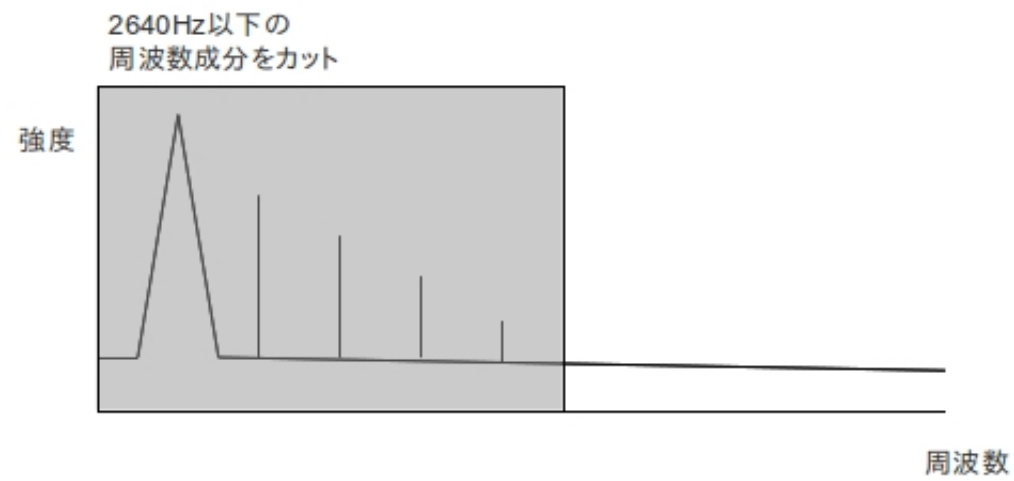
1-4) 1-3)の信号に $f(x) = x + a*x^2 + b*x^3 + c*x^4 + d*x^5$ で表される非線形処理



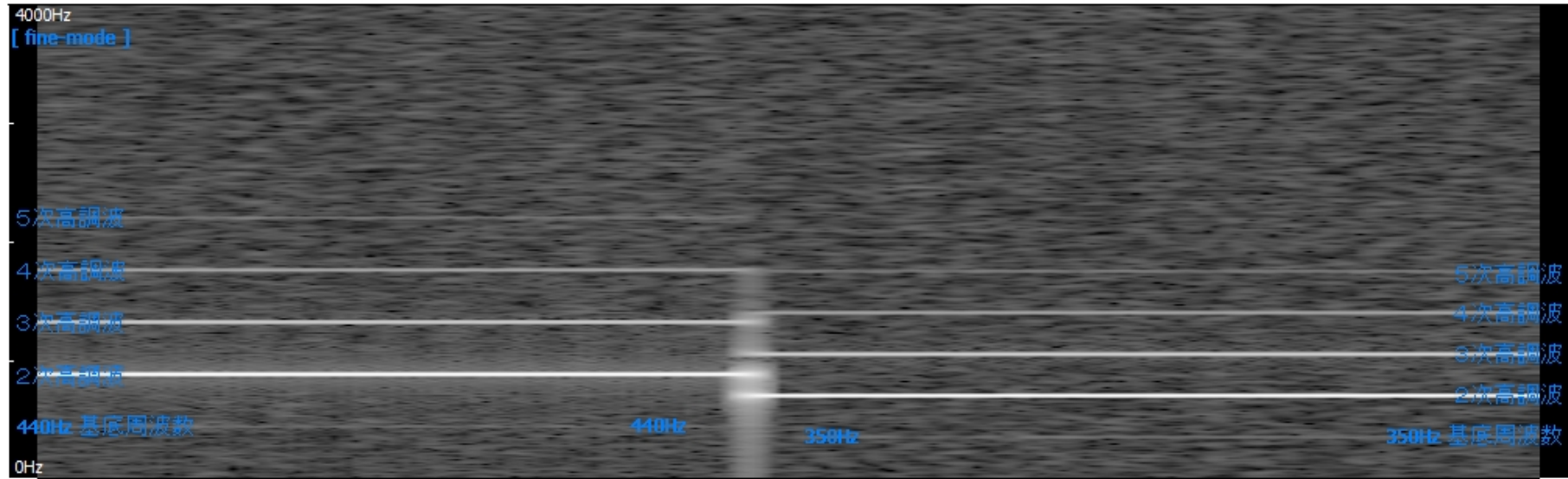
1-5 - 1) 1-4) の信号に対して 660Hz 以下の周波数成分をカット



1-5 - 2) 1-4) の信号に対して 2640Hz 以下の周波数成分をカット

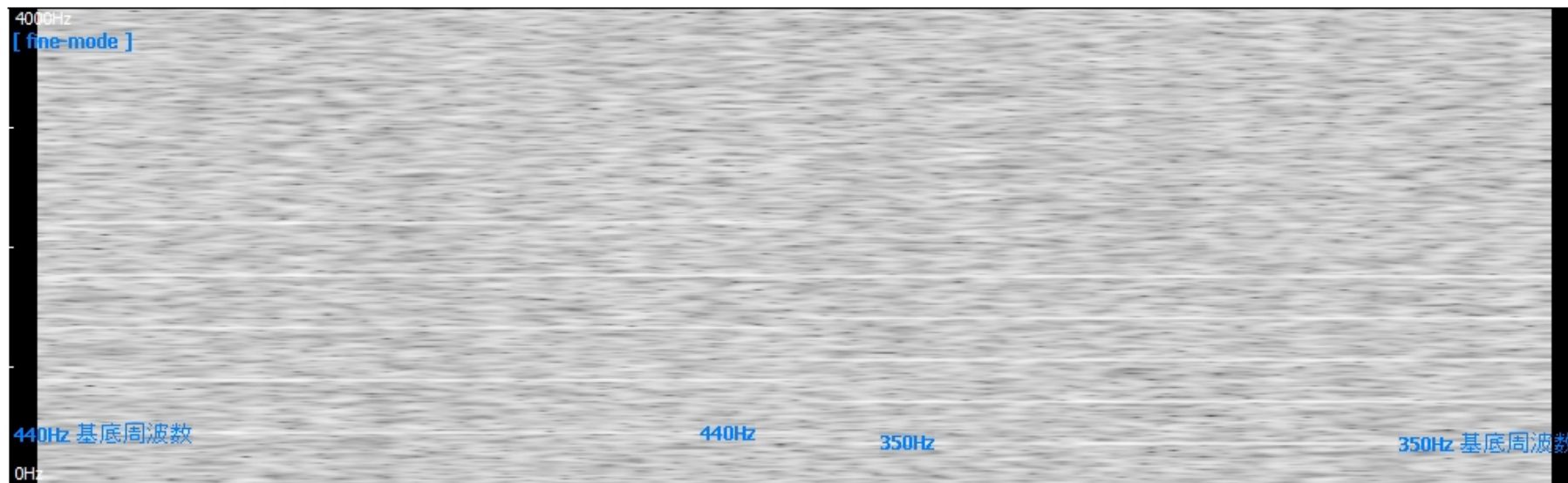


通常の方法（ハミング窓を用いて信号の切り出しを行った場合のスペクトログラム）で得られる5 - 1）の信号のスペクトログラムを示す。



1-5 - 1) の信号では、660Hz 以下の周波数成分カットにより、基底周波数（前半の 440Hz と後半の 350Hz）の信号は失われているが、1-4) の非線形処理による 2 次高調波、3 次高調波、4 次高調波、5 次高調波は残されている。

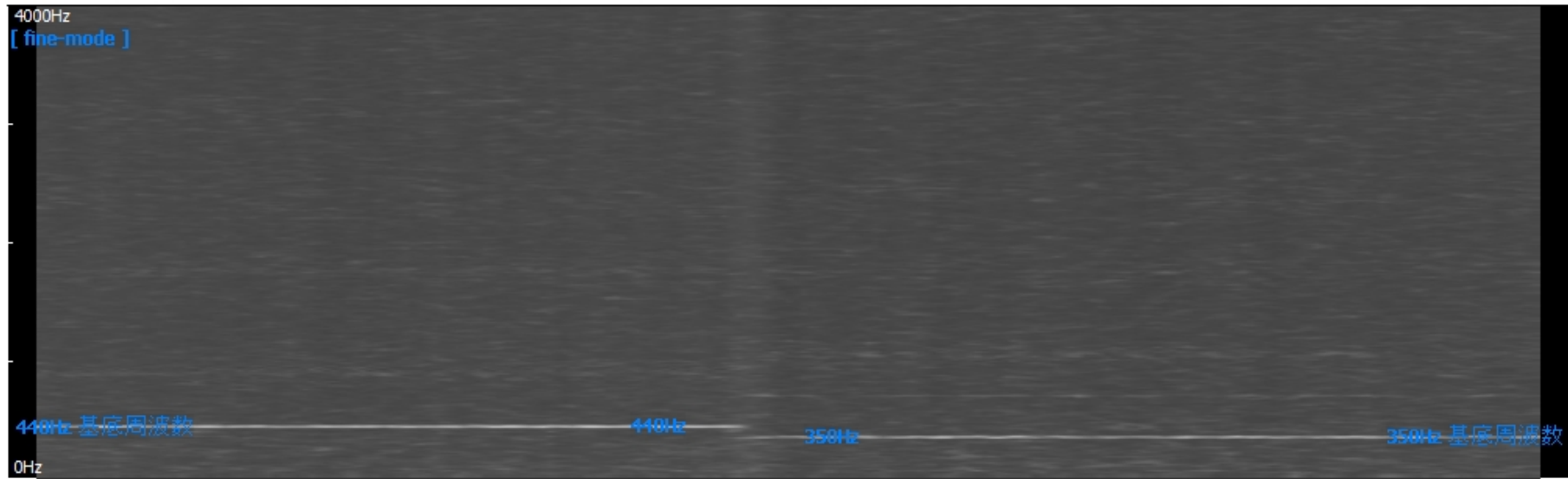
同様に 1-5 - 2) の信号のスペクトログラムを示す。



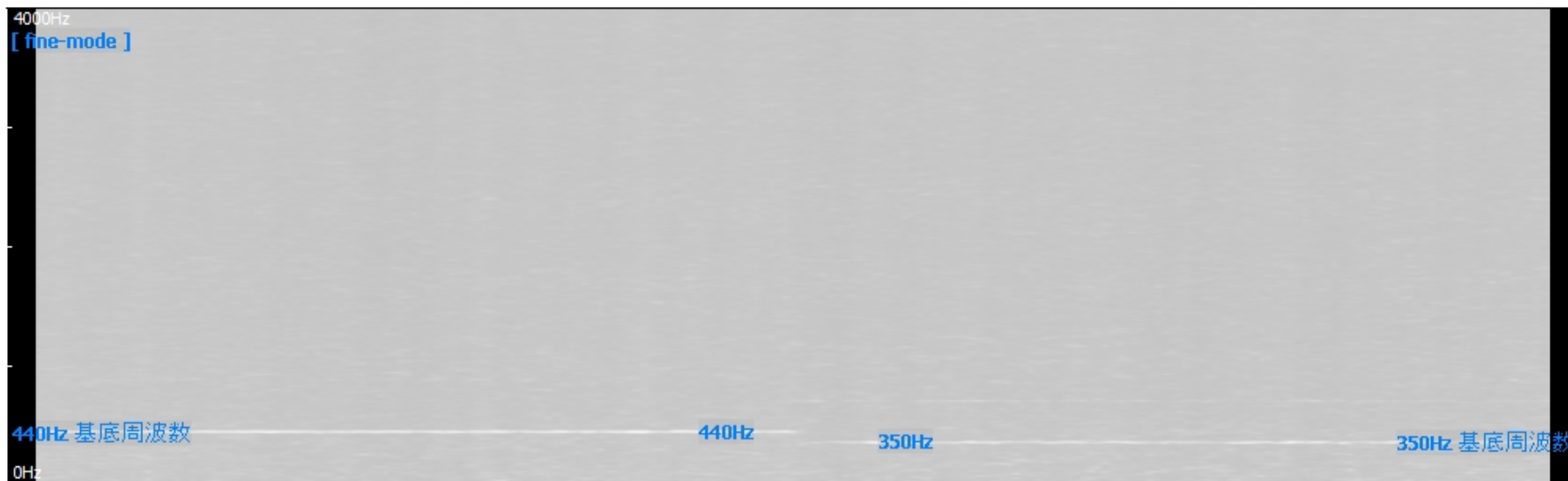
1-5 - 2) の信号では、2640Hz 以下の周波数成分カットにより、基底周波数（前半の 440Hz と後半の 350Hz）の信号と 2 次高調波から 5 次高調波までのほとんどが失われている。

これらのスペクトログラムを見ると、逆フィルターなどの通常の回復方法では、白色雑音の成分を強調せずに前半の 440Hz の信号と後半の 350Hz の信号を回復することは難しいことが判る。

1-5 - 1) の信号と 1-5 - 2) の信号のそれぞれに対して、「局所的位相シフト検出法」を適用した。結果のスペクトログラムを以下に示す。



1-5 - 1) の信号に対する「局所的位相シフト検出法」適用後のスペクトログラムでは、カットされた基底周波数である 440Hz (前半) と 350Hz (後半) の信号が回復されていることが判る。また 4) の非線形処理で発生していた 2 次高調波から 5 次高調波までの「高調波歪み」は除去されている。



1-5 - 2) の信号に対する「局所的位相シフト検出法」適用後のスペクトログラムでは、1-5 - 1) の結果と比べるとコントラストは低くなっているが、こちらでも 440Hz (前半) と 350Hz (後半) の信号が回復されていることが判る。

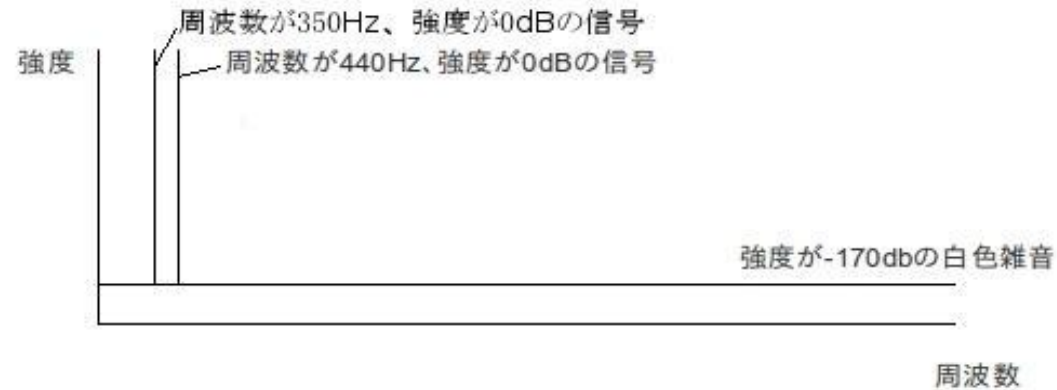
1-5 - 1) の信号については、基底周波数の信号は失われているが、1-4) で施した非線形処理 で発生した 高調波 と 白色雑音に加わった変調の影響 が残っていることから、「局所的位相シフト検出法」によって 基底周波数である 440Hz (前半) と 350Hz (後半) の信号の回復できたと考えられる。また1-4) で発生した2次から5次までの高調波すなわち高調波歪みは最終的な結果からは除去されている。

1-5 - 2) の信号については、基底周波数の信号だけでなく2次から5次までの高調波も失われているが、1-4) の非線形処理 による 白色雑音に加わった変調の影響 が残っていることから、「局所的位相シフト検出法」によって 基底周波数である 440Hz (前半) と 350Hz (後半) の信号の回復できたと考えられる。

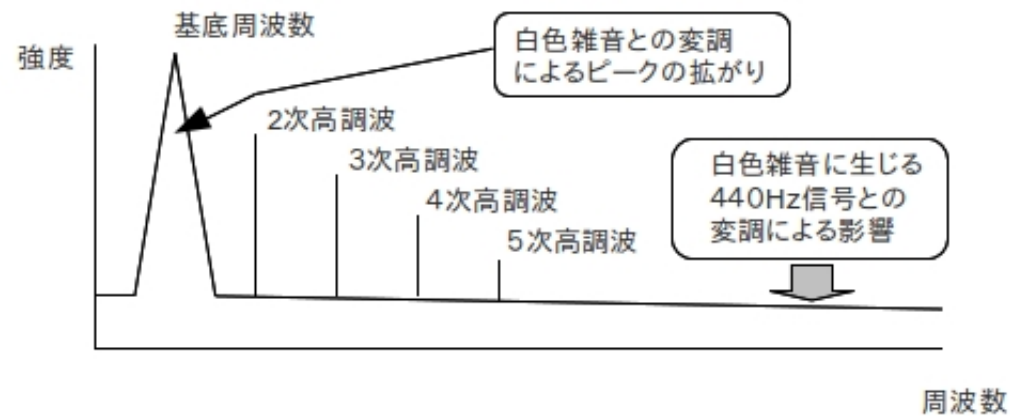
2. 「混変調歪みの除去」に関する検証

以下の要領で計算機上で作成した信号「同時に複数の周波数がある信号」に対して「局所的位相シフト検出法」を用いて結果を求めた。

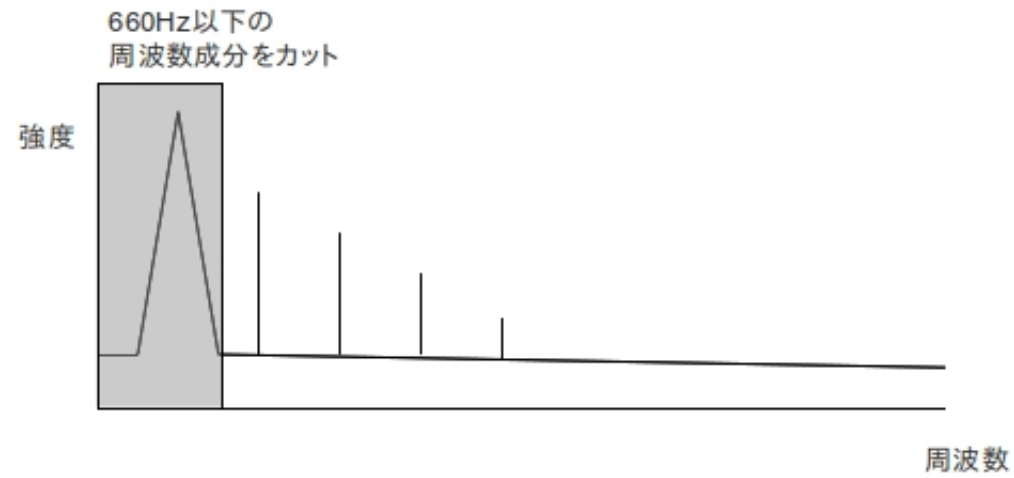
- 2-1) 強度が0dBで周波数が440Hzと350Hzである信号
- 2-2) -170dBの強度を持つ白色雑音
- 2-3) 1)の信号と2)の白色雑音を加算



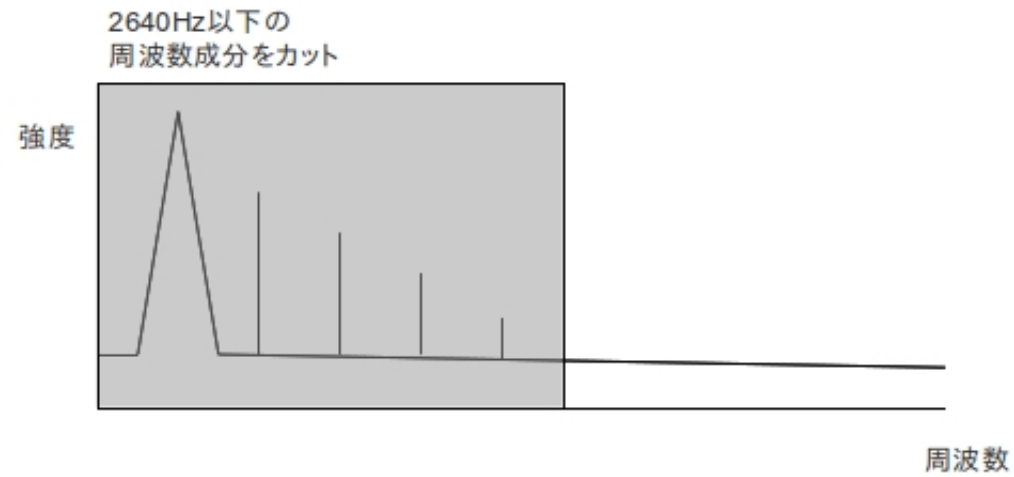
- 2-4) 3)の信号に $f(x) = x + a*x^2 + b*x^3 + c*x^4 + d*x^5$ で表される非線形処理



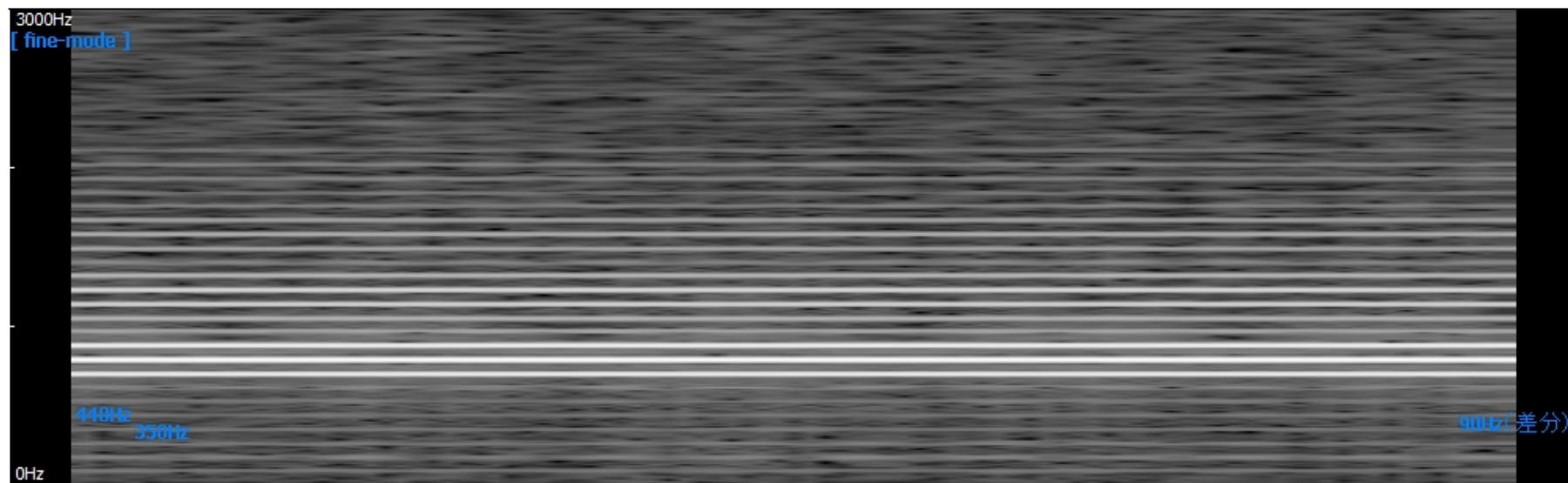
2-5 - 1) 2-4) の信号に対して 660Hz 以下の周波数成分をカット



2-5 - 2) 2-4) の信号に対して 2640Hz 以下の周波数成分をカット

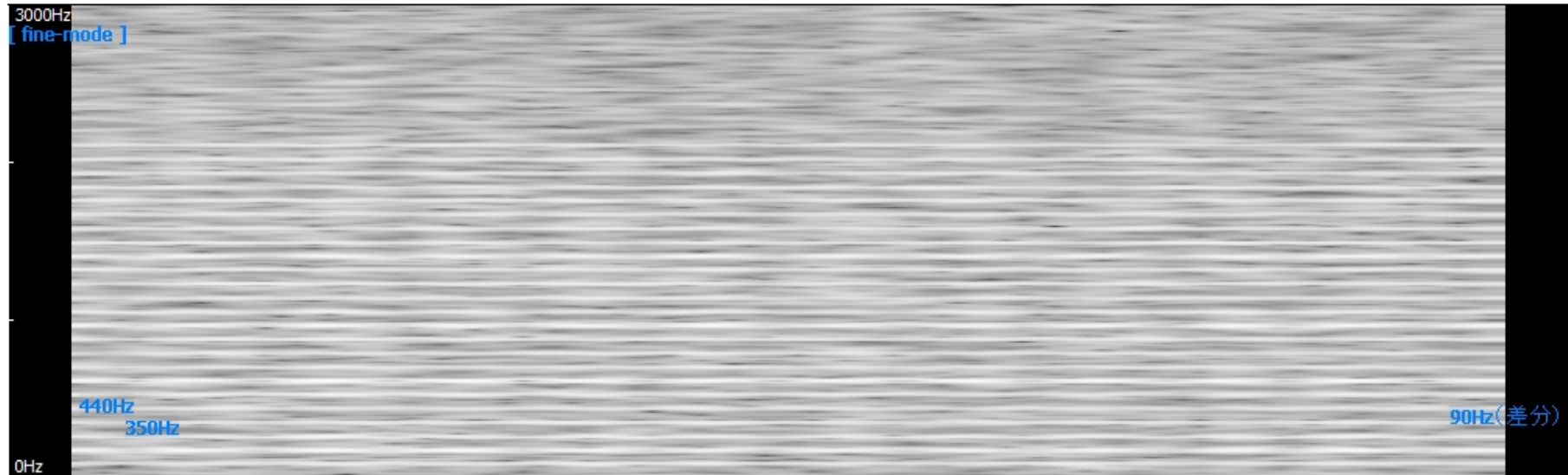


通常の方法（ハミング窓を用いて信号の切り出しを行った場合のスペクトログラム）で得られる 5 - 1) の信号のスペクトログラムを示す。



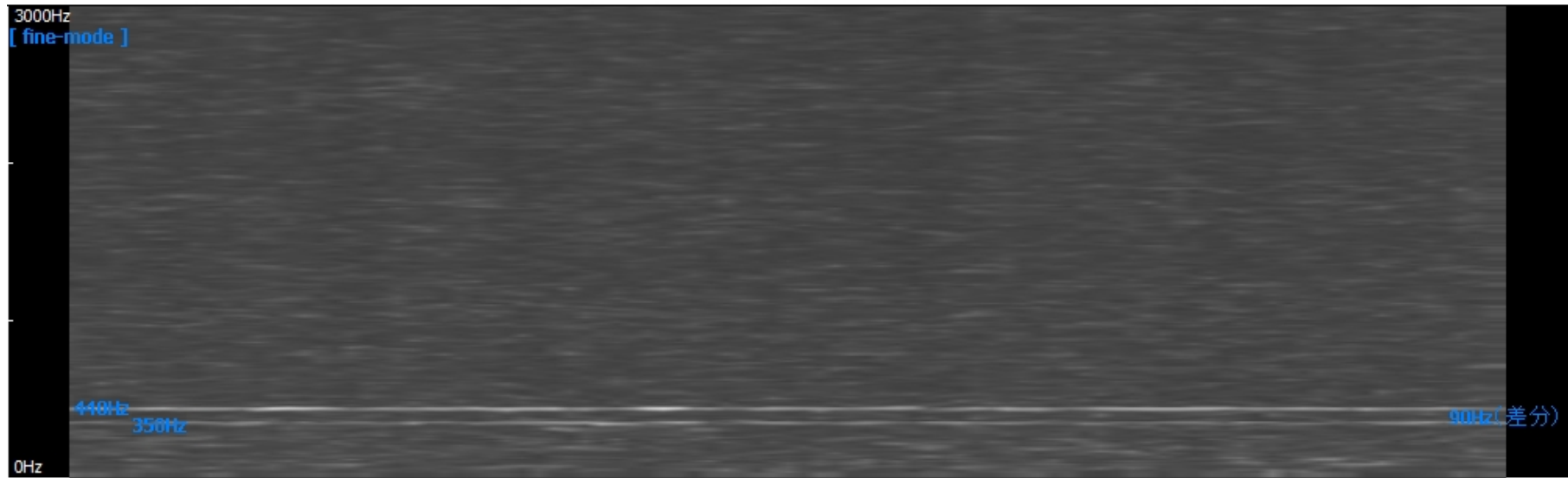
2-5 - 1) の信号では、660Hz 以下の周波数成分カットにより、基底周波数（440Hz と 350Hz）の信号は失われているが、2-4) の非線形処理による 2 次高調波、3 次高調波、4 次高調波、5 次高調波は残されている。また上記 n 次の高調波歪みの近辺には 440Hz の信号と 350Hz の信号の差分である 90Hz とその n 倍の位置に混変調歪み（相互変調歪み）による周波数ピークが多くある。

同様に 2-5 - 2) の信号のスペクトログラムを示す。

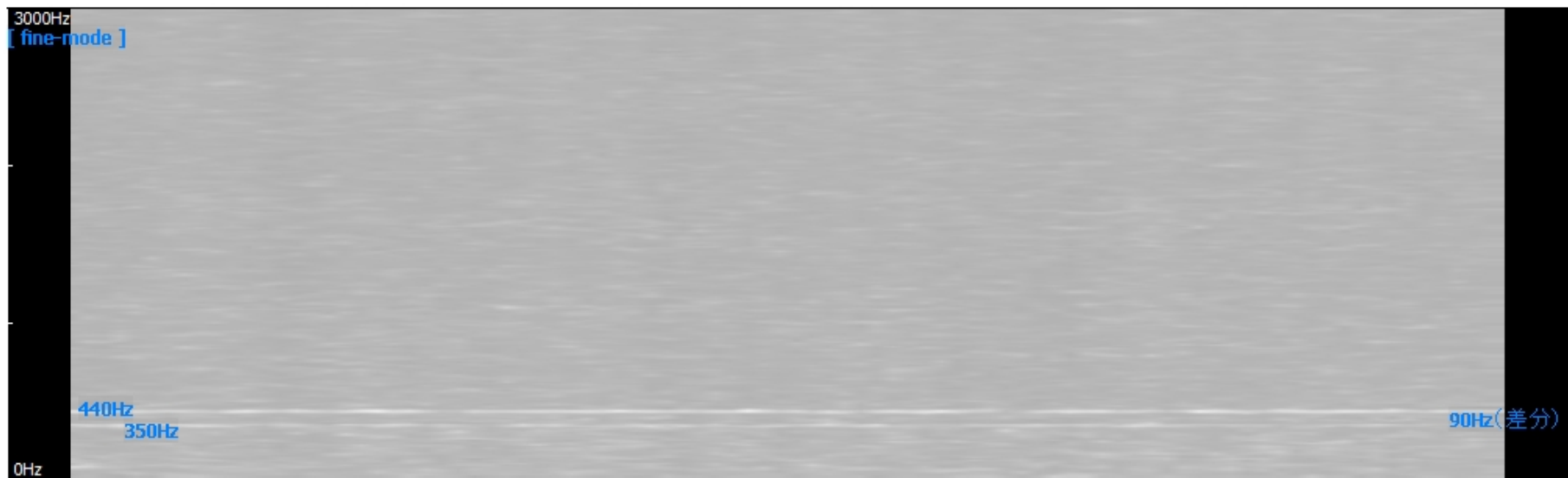


2-5 - 2) の信号では、2640Hz 以下の周波数成分カットにより、基底周波数（440Hz と 350Hz）の信号から 5 次高調波の信号までのほとんどが失われている。ただし 440Hz の信号と 350Hz の信号の差分である 90Hz とその n 倍の位置に混変調歪み（相互変調歪み）による周波数ピークはコントラストは低いが残っている。

2-5 - 1) の信号と 2-5 - 2) の信号のそれぞれに対して、「局所的位相シフト検出法」を適用した。結果のスペクトログラムを以下に示す。



2-5 - 1) の信号に対する「局所的位相シフト検出法」適用後のスペクトログラムでは、カットされた基底周波数である 440Hz と 350Hz の信号が回復されていることが判る。また 2-4) で生じた 2 次から 5 次までの高調波すなわち高調波歪みと混変調歪み（相互変調歪み）による周波数ピークは除去されている。



2-5 - 2) の信号に対する「局所的位相シフト検出法」適用後のスペクトログラムでは、2-5 - 1) の結果と比べるとコントラストは低くなっているが、こちらでも 440Hz と 350Hz の信号が回復され、混変調歪み（相互変調歪み）は除去されていることが判る。