

インパルス応答測定用スイープ信号の高調波歪分離の検討*

◎葛山 亮介, 金田 豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

インパルス応答測定時の SN 比を向上させるためにスイープ正弦波信号が広く利用されている[1]。筆者らは先に周囲雑音に対して最適なスイープ正弦波信号 (以下、Opt-SS 信号) [2]を提案した。この信号は周囲雑音レベルが大きく雑音性誤差が問題となる場合に最適である。しかし、スピーカの音量が大きい場合など非線形誤差が大きくなると必ずしも最適とはいえない。そこで本研究では、Opt-SS 信号に含まれる高調波歪の影響低減を検討した。

2 Opt-SS 信号の高調波歪

1kHz 付近に大きなパワーを持つノイズに対して雑音性誤差が最小となるように設計した Opt-SS 信号の主応答およびその 2 次高調波の時間一周波数特性を図 1 に示す。主応答は雑音成分の大きい 1kHz 付近での持続時間が長いこと、各時刻で見ると 2 次高調波歪は主応答の 2 倍の周波数を持っていることがわかる。

しかし、室内の残響がある場合など、実際の測定結果にはこの特性の右方向にその成分が付加される。このとき、1kHz 以下や 3kHz 以上では、信号と 2 次高調波歪の時間間隔(横方向の距離)が短いため、2 次高調波の残響成分が主応答に重なってしまう。すると、インパルス応答を求めても 2 次高調波の残響成分は主応答に重なったままなので、結局分離は不可能である。図 1 から計算したインパルス応答波形を図 2 に示す。高調波歪成分が主応答に融合していることがわかる。

3 解決方法

3.1 考慮する条件

主応答と 2 次高調波歪が分離できるようにするためには、各周波数における 2 次高調波歪と主応答の時間間隔が 2 次高調波歪の残響持続時間(T_1)以上であればよい。

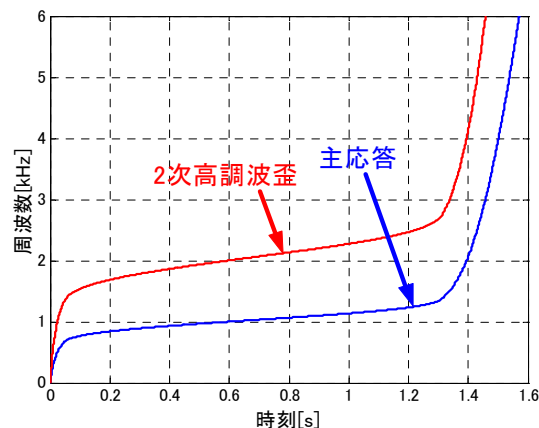


図 1 1kHz 付近にパワーを持つ雑音に対し最適な Opt-SS 信号の高調波歪を含んだ応答の時間一周波数特性

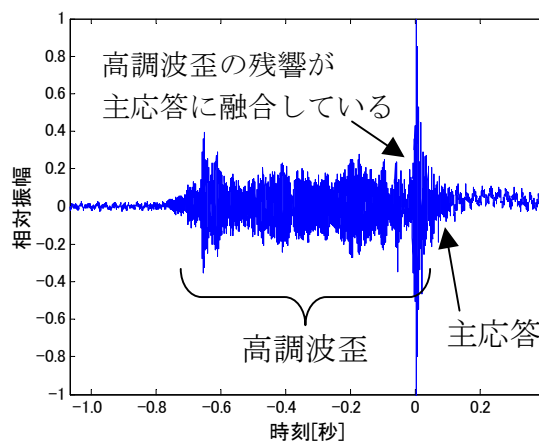


図 2 図 1 の応答から求めたインパルス応答波形 (縦軸を拡大)

3.2 Log-SS 信号との比較

Log-SS 信号[3]は、インパルス応答を求めた際に各高調波歪における周波数成分ごとの群遅延がすべて同じであるという性質から高調波歪の分離が行える。図 1 の応答からインパルス応答を求めた場合の主応答と 2 次高調波歪の時間一周波数特性を図 3 に示す。図 3 において、主応答(青線)はすべての周波数成分が時刻 0 に集中している。2 次高調波歪(赤線)は、各周波数における主応答の時間間隔を図 1 の場合と同様に保持した曲線となっている。

* Separation of harmonic distortion from sweep signal for impulse response measurements, by KUZUYAMA Ryosuke, KANEDA Yutaka (Tokyo Denki Univ.).

図の緑線は主応答との間隔が T_1 となる線である。Log-SS 信号の 2 次高調波歪と主応答の間隔 D は以下の式で計算できる。

$$D = \frac{2m \log 2}{Fs \log \frac{N}{2}}$$

N : 信号長
 m : 実効的な信号長
 Fs : 標本化周波数

この間隔 D が T_1 以上になるような長さの Log-SS 信号を設計することで、残響がある場合でも主応答と 2 次高調波歪を分離するのに十分な間隔を確保することができる。

この Log-SS 信号を基準にして考えることで、Opt-SS 信号でも Log-SS 信号のように 2 次高調波歪を分離することができる。図 4 は図 3 の 2 次高調波歪を発生させる Opt-SS 信号と Log-SS 信号のエネルギースペクトルを表している。エネルギースペクトルが Log-SS 信号のものより大きければ、図 1 における傾きが Log-SS 信号のそれより緩やかになり、その周波数帯における主応答と 2 次高調波歪の時間間隔は Log-SS 信号のそれより長くなる。よって両者のエネルギースペクトルを比較し、大きいほうを採用することで、2 次高調波歪成分をすべて図 3 の Log-SS 応答から求めたものより左側に位置させることができる。また、この信号のエネルギースペクトルは元のものと比較して、それ以上の値をとっているため、Opt-SS 信号が本来持っていた雑音低減効果は保ったままとなる。

ただし、エネルギースペクトルの値を増加させればその信号全体のエネルギーが増すこととなるので、信号長を 2 倍にする必要がある。

合成した信号の主応答と 2 次高調波歪の時間一周波数特性を図 5 に示す。2 次高調波歪が、境界としている Log-SS 信号の 2 次高調波歪より左側に位置していることがわかる。

4 むすび

本報告では、Opt-SS 信号と Log-SS 信号のエネルギースペクトルを比較し、融合させることで、主応答と高調波歪がある一定以上の時間間隔となって高調波歪を分離することが可能となることを確認した。

参考文献

- [1]鈴木、他：信学技報，EA92-86，1992-12
- [2]守谷、他：信学技報，EA2004-136.
- [3]藤本：音講論集，pp.433-434，(1999.9).

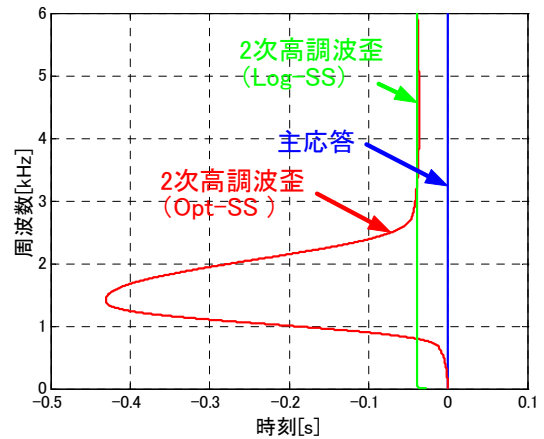


図 3 Log-SS 応答と Opt-SS 応答からインパルス応答を求めたときの主応答と両者の 2 次高調波歪の時間一周波数特性

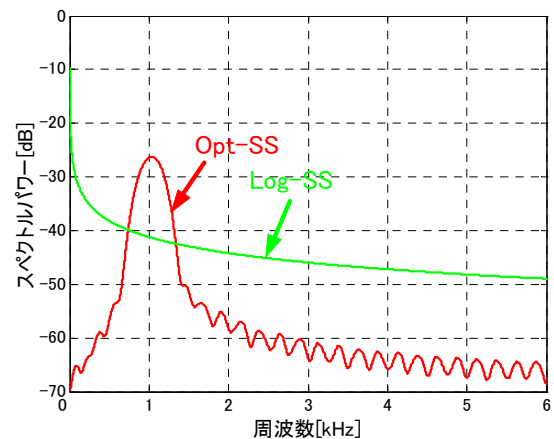


図 4 Opt-SS 信号と Log-SS 信号のエネルギースペクトル

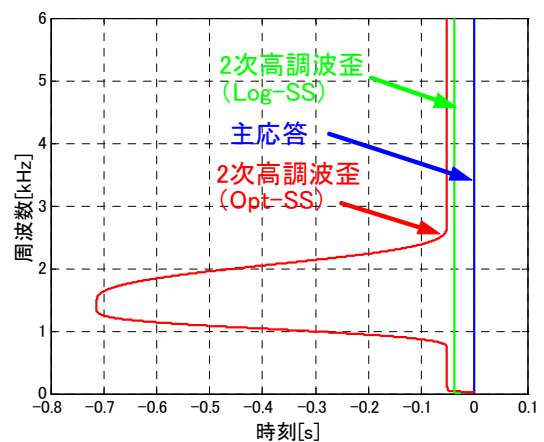


図 5 合成した信号の主応答と 2 次高調波歪の時間一周波数特性