

# 掃引正弦波を用いたインパルス応答測定の際に発生する非線形誤差の検討\*

☆佐藤憲孝, 金田豊 (東京電機大)

## 1 はじめに

Log-SS (ピンク TSP[1]) は音響機器の高調波歪を高速に測定できる信号として知られている。この方法において、各次数の高調波歪は時間軸上で分離測定される。しかし、実測において高調波歪の分離が不良な場合があり、その発生原因の調査を行った結果を報告する。

## 2 発生する誤差

図 1(a)に Log-SS を使用したスピーカのインパルス応答の測定例を示す。測定は無響室で行い、スピーカは BOSE 101MM(許容入力 45 W)、測定信号入力電力は 14 W とした。各次数の高調波歪成分は時間軸上で分離されているので、これを切り出して DFT することで高調波歪の周波数特性を求めることができる。

次にスピーカ入力を増加させ、43 W として測定した結果を図 1(b)に示す。図より各応答が不自然な形で左右に延びており、高調波歪の分離が困難になっている。

図 1(b)の波形をスペクトログラムで示したものを図 2 に示す。図より、低周波に行くにつれて左右に広がるように発生している誤差成分が複数確認された。

この誤差の発生原因を調査するため、周波数上昇型 TSP 信号を用いて同様の条件で測定を行った。その結果のスペクトログラムは図 3 のようになり、誤差は主応答に対して平行に発生していた。図 4 に示した TSP の測定原理より、インパルス信号に変換する前の TSP 応答(受信信号)においても、誤差成分は TSP 主応答に平行に発生していると考えられる。

## 3 誤差の原因

次に、TSP 応答における主応答と誤差成分の周波数間隔を求めた。ただし、周波数間隔  $\Delta f$  は実測した TSP 応答からは読み取ることができなかつたため、図 3 のインパルス応答と誤差成分の時間間隔から求めた。

図 4 より、インパルス応答と TSP 応答ともに、主応答と誤差成分の時間間隔  $\Delta t$  は等しくなる。図 3 より、この  $\Delta t$  は 0.05 秒であった。また、今回の TSP 応答における主応答の傾き

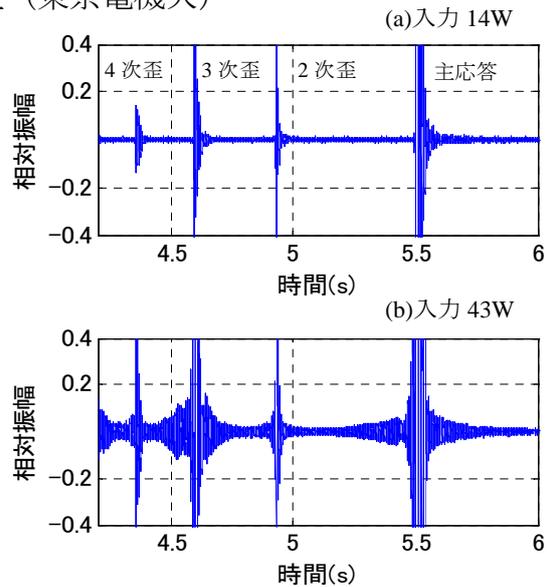


図 1 Log-SS を用いて測定したインパルス応答波形

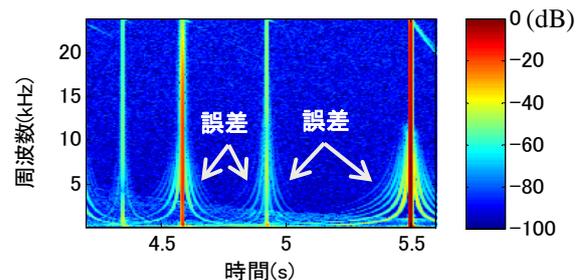


図 2 図 1 (b)のスペクトログラム

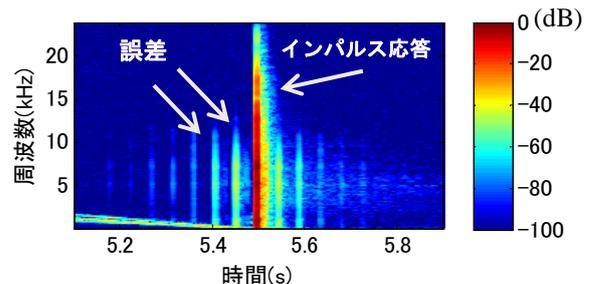


図 3 TSP を用いて測定したインパルス応答のスペクトログラム

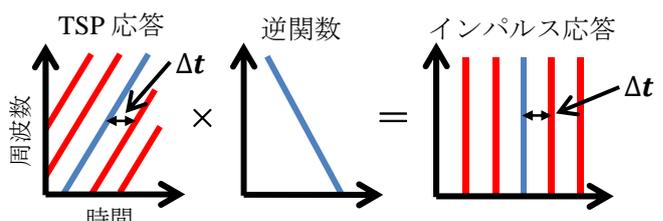


図 4 TSP 応答のインパルス応答変換図 (赤線が誤差成分を表す)

\*A study of non-linear error in impulse response measurement using a swept sine signal, by SATO, Noritaka and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

は約 2.2 kHz/s であった。図 5 に示すように主応答の傾き =  $\Delta f / \Delta t$  であるので、誤差成分と TSP 主応答の周波数間隔  $\Delta f$  は約 100 Hz と計算される。

さて、単一周波数である TSP 信号に発生する時不変な非線形歪は、倍周波数(高調波歪)となるはずである。しかし、今回の結果では、入力周波数に対して一定の周波数が加算された周波数成分の誤差が発生している。このことより、TSP 信号に加えて一定周波数の正弦波がスピーカに入力されており、系の非線形性によってそれらの混変調歪(2つの周波数の和と差の周波数) [2]が発生したことが予想された。

そこで、スピーカ入力端の信号(図 6(a))を確認した結果、図 6(b)に示すように、入力した TSP 信号に対するパワー比が約 -70 dB の小レベルで電源雑音が付加されていることが分かった。この雑音の周波数成分は、図 7 のように 50 Hz の調波構造となっていた。この電源雑音成分と TSP 信号がスピーカの非線形性を受けて奇数次の混変調歪が発生し、主応答に対して平行な 100 Hz 間隔の誤差成分になったと考えられる。

#### 4 シミュレーション

図 2 の誤差成分が Log-SS と電源雑音との混変調歪であるかを確認するため、Log-SS 信号にパワー比が -40 dB の模擬電源雑音(50,100,150,200 Hz の正弦波の和)を足し合わせた信号に非線形特性(クリッピング)を与えてインパルス応答測定の実験を行った。結果を図 8 に示す。結果から、図 2 と同様の形で混変調歪が発生していることが分かる。このことから Log-SS 信号を用いたインパルス応答において発生する図 2 のような誤差は電源ノイズと測定信号による混変調歪であることが分かる。

#### 5 まとめ

Log-SS を使用したインパルス応答測定の際に、主応答や各高調波の付近に、低周波数成分が時間的に広がるような誤差が発生する可能性がある。TSP 信号を用いて検討した結果、微小なレベルの電源ノイズと測定信号による混変調歪であることを示した。

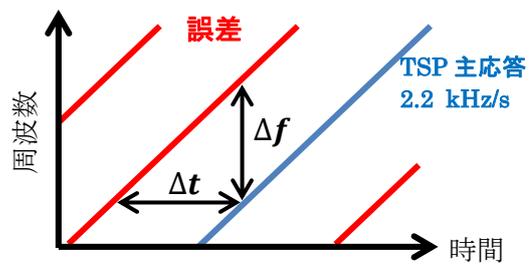


図 5 図 4 の TSP 応答拡大図

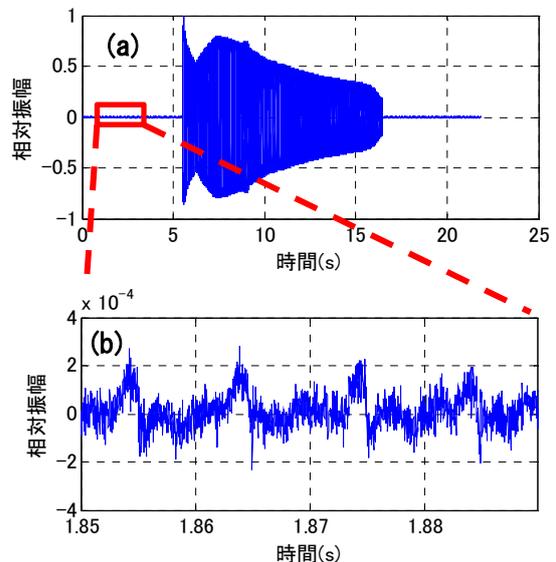


図 6 スピーカ入力端の TSP 信号  
(a)入力信号 (b)無信号区間の拡大図

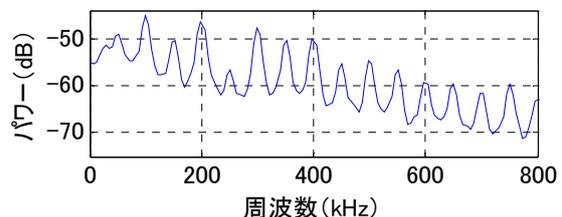


図 7 図 6 の雑音部分のスペクトル

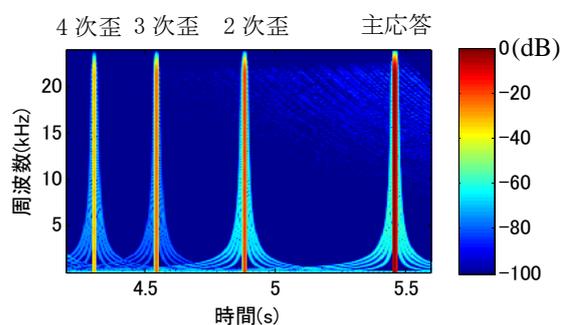


図 8 Log-SS を用いた混変調歪発生の実験結果

#### 6 参考文献

- [1] 藤本, 音講論集(秋), 433-434 (1999).
- [2] 佐藤, 他, 音講論集(春), 749-750 (2014).