

Log-TSP 信号を用いた高調波歪測定の有効性検討*

○古寺克行 金田豊 (東京電機大・工)

1. はじめに

従来、スピーカの高調波歪は周波数を変化させながら正弦波を発生させて、その整数倍の歪成分をフィルタや周波数分析 (DFT) を用いて求めていた。しかし、これらの方法では測定時間を要したりするなどの問題点があった。近年、この問題を解決する方法として Log-TSP 測定法が提案された [1]。Log-TSP 法とは、周波数の対数に比例した遅れ時間で正弦波をスイープさせて測定する方法で、時間軸上で反転したスイープ信号を畳み込むことで、高調波歪を分離測定できるという特徴を持つ。

本報告では、この方法の有効性を検証する第一歩として、従来法である正弦波法と log-TSP 法の測定結果を比較、検討した結果を述べる。

2. 正弦波法

正弦波信号をスピーカに入力し、その出力を DFT など周波数分析することで図 1 に示すように 2 次歪、3 次歪の大きさを測定することができる。入力信号の周波数を一定間隔 (例えば 10Hz) で変化させることでそれぞれの周波数特性が求められる。本稿ではこれを正弦波法と呼ぶ。

3. log-TSP 法

log-TSP 信号 (周波数上昇型) は以下のよう

$$H(k) = \begin{cases} 1 & (k=0) & (1) \\ \frac{\exp[-jak \log k]}{\sqrt{k}} & (0 < k \leq N/2) & (2) \\ H^*(N-k) & (N/2 < k < N) & (3) \end{cases}$$

ただし、 $a = 2m\pi / \{(N/2)\log(N/2)\}$ (4)
 N : log-TSP 信号長
 $2m$: 信号の実効的存在区間

log-TSP 信号を用いてインパルス応答を測定した時、高調波歪成分は図 2 のように分離して測定される。この 2 次歪、3 次歪の応答波形を切

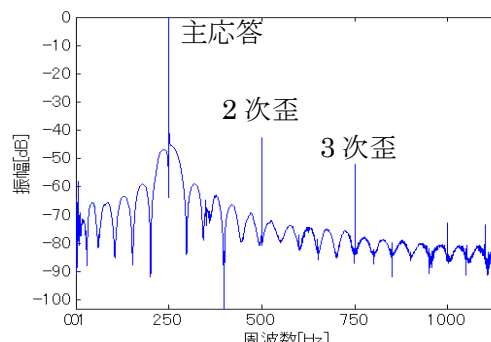


図 1. 正弦波(250Hz)の高調波歪の一例

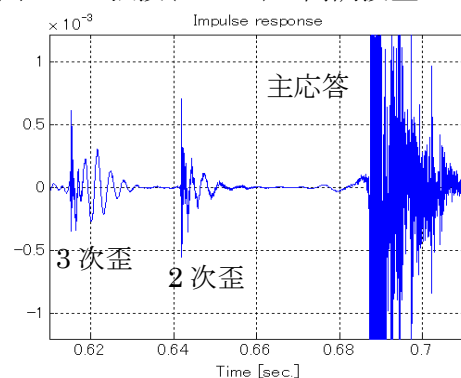


図 2. log-TSP 法によるインパルス応答

り出して周波数分析を行うことで 2 次歪、3 次歪の周波数特性を求めることができる。

4. Log-TSP 信号長について

実用的な観点からは短時間での測定が望まれる場合がある。しかし、log-TSP 法で高調波歪を求める場合、あまり信号長を短くしてしまうと 3 次歪の応答と 2 次歪の応答が重なってしまう。測定されたインパルス応答において、主応答と p 次歪の応答との間隔は

$$\tau_p = \frac{aN}{2\pi F_s} \log p \quad (5)$$

F_s : サンプリング周波数
で表される [1]。よって、2 次歪応答と 3 次歪応答との間隔は

$$\tau_{32} = \frac{aN}{2\pi F_s} (\log 3 - \log 2) \quad (6)$$

となる。

*On the Validity of Harmonic Distortion Measurement of a Loudspeaker using Log-TSP Signal, by KODERA, Katsuyuki and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki Univ.).

一方、図 3 に示すようにスピーカの 3 次歪の応答の時間は 25ms 程度である。これより、 $\tau_{32} > 25ms$ が必要条件となる。式(4),(6)を用い、 N が 2 のべき乗であるとし、 $F_s=48kHz$ であるとする、この式を満たす N は $N \geq 2^{16}$ となる。よって、高調波歪を測定するために必要な log-TSP の信号時間長は、 $N/F_s \approx 1.4s$ となる。

4. 正弦波法と log-TSP 法の比較

フルレンジスピーカ (BOSE101MM) を使用し、測定場所は無響室、再生音圧レベルは距離 1m の地点で約 100dB にした。サンプリング周波数は 48kHz とし、Log-TSP 長は 2^{19} とした。この条件の下、正弦波法、log-TSP 法で高調波歪を測定した。log-TSP 法による測定結果を図 4 に示す。図より、主応答と比べて 40dB 程度小さい 2 次歪、3 次歪が観測された。

正弦波法による測定は 100Hz から 6000Hz まで周波数間隔 10Hz で測定した。測定結果を log-TSP 法の周波数特性に黒線で重ね書きをして図 5,6,7 に示す。図 5 の主応答はほぼ重なっているのがわかる。図 6,7 の 2 次歪 3 次歪もほとんど重なっているが周波数特性の変化が激しい帯域や細かい部分で数 dB 程度のずれが発生している。特に 2 次歪にずれが大きいところが見られる。このずれの原因としては原理的な問題ではなく雑音の影響や再現性の問題だと考えられるが、究明は今後の課題である。

3. むすび

本報告では、まず Log-TSP 信号を用いて、スピーカの 2 次歪、3 次歪を測定するために必要な最短の信号長を示した。そして Log-TSP 信号を用いた高調波歪計測は従来法である正弦波法とほぼ変わらない測定結果を得ることができることを示した。

参考文献

[1]藤本、音講論 555-556,(2000.3).

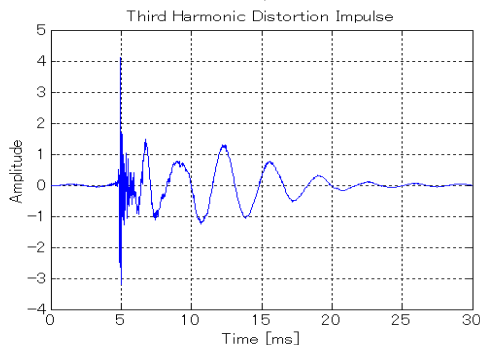


図 3. 3 次歪の応答波形

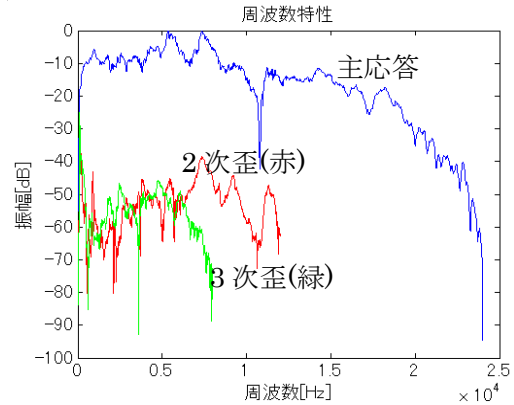


図 4. log-TSP 法により求めた周波数特性

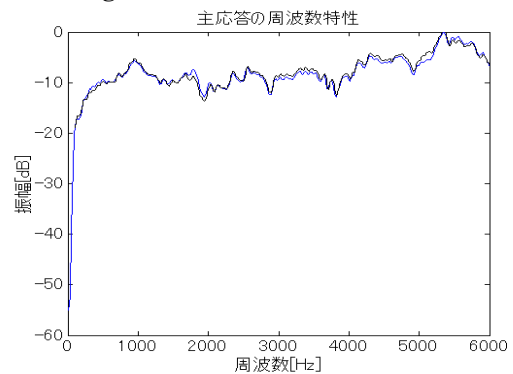


図 5. 正弦波と log-TSP の比較 (主応答)
(青線 : log-TSP 法 黒線 : 正弦波法)

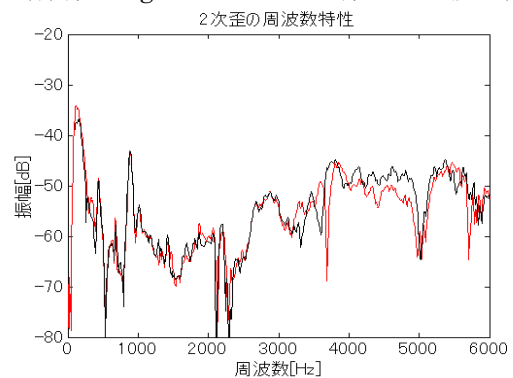


図 6. 正弦波と log-TSP の比較 (2 次歪)
(赤線 : log-TSP 法 黒線 : 正弦波法)

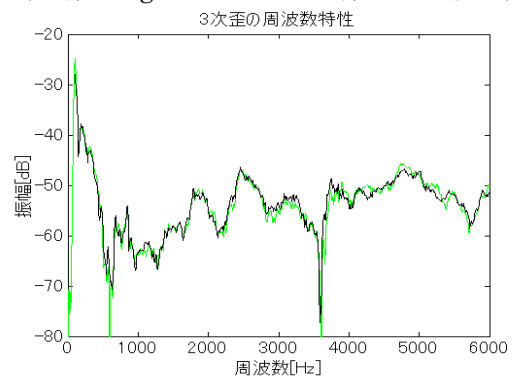


図 7. 正弦波と log-TSP の比較 (3 次歪)
(緑線 : log-TSP 法 黒線 : 正弦波法)