

## 測定信号の違いによるインパルス応答測定誤差の検討

Study of dependence of impulse response measurement error on a measurement signal

A-5

小林 正明

Masaaki KOBAYASHI

東京電機大学工学部情報通信工学科

School of Engineering, Tokyo Denki University

金田 豊

Yutaka KANEDA

東京電機大学工学部情報通信工学科

School of Engineering, Tokyo Denki University

## 1. はじめに

インパルス応答の測定は、対象とする線形系の特性を把握する上で非常に重要となる。しかし、測定の際には環境雑音などの雑音が付加されて、雑音性誤差が発生する。一方、雑音性誤差を改善するために測定信号を大音量にするとインパルス応答に非線形誤差が生じる。これまで、雑音性誤差の大きさは、測定信号のスペクトルと信号長に依存することが報告されている[1]。しかし、非線形誤差と測定信号の関係は未検討である。そこで本稿では、測定信号の種類、スペクトル、長短が非線形誤差に与える影響を検討した。

## 2. スピーカのインパルス応答測定誤差

## 2.1 測定条件

以下の3種の測定信号を使用し、無響室でスピーカのインパルス応答を測定し、その誤差を評価した。

- ①白色スペクトルを持つ掃引正弦波：TSP 信号
- ② $1/f$ スペクトルを持つ掃引正弦波：Log-SS 信号
- ③白色スペクトルを持つ疑似雑音：M 系列信号

測定方法は、測定信号をスピーカから再生し、1m 離して設置したマイクで受音し、PC に入力した。受音した信号に対して測定信号の逆特性でフィルタリングを行い、インパルス応答を得た。スピーカは BOSE101MM を使用した。測定信号の音圧は、受音点で 30dB~100dB まで 5dB 刻みで変化させた。サンプリング周波数は 48kHz、測定信号長は  $2^{16}$  及び  $2^{14}$  サンプルとした。

## 2.2 誤差量

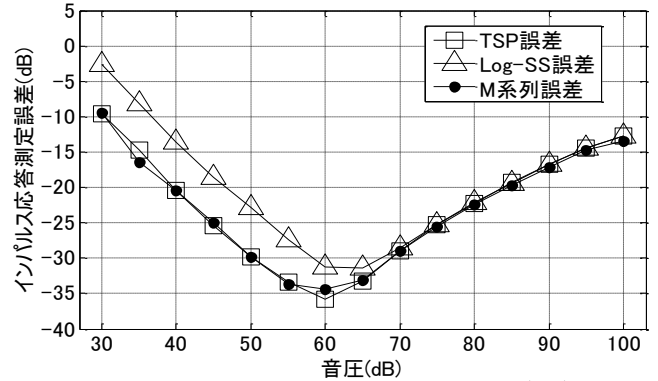
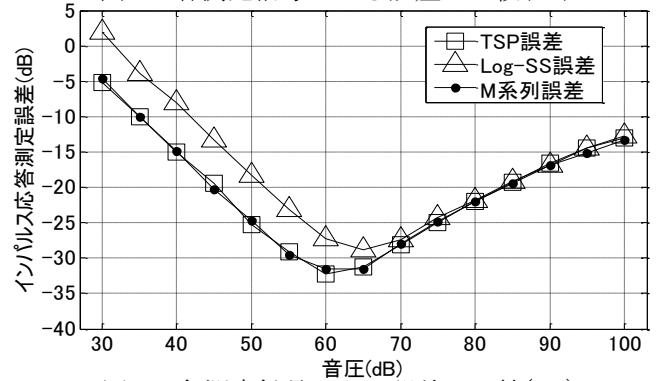
測定されたインパルス応答の誤差量  $E_m$  を次式のよりに定義した。

$$E_m = 10 \cdot \log_{10} \frac{\sum_{n=1}^N (h_m(n) - \hat{h}(n))^2}{\sum_{n=1}^N (\hat{h}(n))^2} \quad (1)$$

ここで、 $h_m(n)$  は音圧が  $m$  [dB] で測定した時のインパルス応答を表す。 $\hat{h}(n)$  は基準となる高 SN 比のインパルス応答 (音圧 55dB, 信号長  $2^{20}$  の Log-SS 信号で測定) である。 $n$  は離散時間を表す。ただし、測定結果から、非因果と考えられる部分、及びインパルス応答が減衰して雑音レベル以下となった部分は取り除いた長さ  $N$  の区間で計算を行った。

## 2.3 測定結果

図 1、及び図 2 に各測定信号による測定誤差の比較を示す。図は横軸に出力音圧、縦軸に式(1)の計算結果を取っている。図において、横軸が 60dB 以下の部分は、雑音性誤差が主体である。図 1 と図 2 を比較した場合、図 1 は信号長が 4 倍であるため、雑音性誤差が  $1/4(6\text{dB}$  の低下) となっている。無響室測定では主な雑

図 1 各測定信号による誤差の比較 ( $2^{16}$ )図 2 各測定信号による誤差の比較 ( $2^{14}$ )

音が測定系の電氣的雑音 (白色雑音) である。 $1/f$  スペクトルを持つ Log-SS 信号では、電氣的雑音に対し逆特性でフィルタリングを行うと、高域の雑音を抑制できないため、TSP や M 系列信号と比較して雑音性誤差が約 6dB 大きなものとなっている。TSP 信号と M 系列信号は、信号の種類が異なっているが、共に白色スペクトルであるため、雑音性誤差が一致している。

一方、横軸で 70dB 以上の部分は、非線形誤差の影響を示したものである。非線形誤差は、測定信号の種類やスペクトルによる誤差量の差が小さいことがわかった。また、図 1、図 2 の差も小さいことから、信号長の長短も、非線形誤差には影響を与えないことが確認できた。

## 3. おわりに

本稿ではインパルス応答に生じる非線形誤差評価を測定信号の種類、スペクトル、長短で行った。その結果、非線形誤差の大きさは、測定信号による誤差量の差は小さいことが確認できた。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15H0278 の助成を受けたものである。

## 参考文献

[1] Y. Kaneda, J. A. E. S., 63, 5, 348-357 (2015).