

## インパルス応答測定時に混入した非定常雑音の影響改善の検討\*

☆木ノ下 亘, 金田 豊 (東京電機大)

## 1. はじめに

音響系の周波数特性や残響時間を求めるために、インパルス応答は重要であり、その測定には通常、掃引正弦波信号が用いられる。しかし、測定中に足音やドアの開閉音などの非定常雑音が混入した場合には測定結果は著しい劣化を受け、再測定が必要となる。

この問題に対して、筆者らは非定常雑音の影響を受けた部分のみを再測定することで測定時間を短縮する方法を提案した<sup>[1]</sup>。本稿では、提案手法の性能向上および、より一般的な条件での有効性確認結果を報告する。

## 2. 非定常雑音によるインパルス応答の劣化

図1(a)は非定常雑音が混入した測定応答のスペクトログラムである。図1(b)は図1(a)に逆特性をかけ、インパルス応答を求めたものである。図1(b)の円の部分をにおいて非定常雑音がインパルス応答に著しい劣化を及ぼしている。

## 3. 提案する非定常雑音の除去方法

筆者らは前報において以下の3つの手順による非定常雑音の除去方法を提案した<sup>[1]</sup>。

- (1) 衝撃性雑音が混入した時刻を検出する。
- (2) 検出した時刻の測定信号を再測定する。
- (3) (2)で得た応答を元の衝撃性雑音が混入した応答に埋め込む。

## 4. 提案手法の改善

非定常雑音の混入は、スペクトログラム上では明らかである。しかし、混入時刻の検出をスペクトル上で一般化するのは困難であるため、通常、時間波形で検出が行われる。図2(a)に非定常雑音が混入した時間波形を示す。測定信号や定常雑音に隠れてしまい、非定常雑音(赤波形)は明確に検出できない。

これに対して前報では、測定信号の逆特性をかけてインパルス応答(図1b)を求め、そのインパルス応答を除去した後、測定信号の特性をかけることで、測定信号成分を除去す

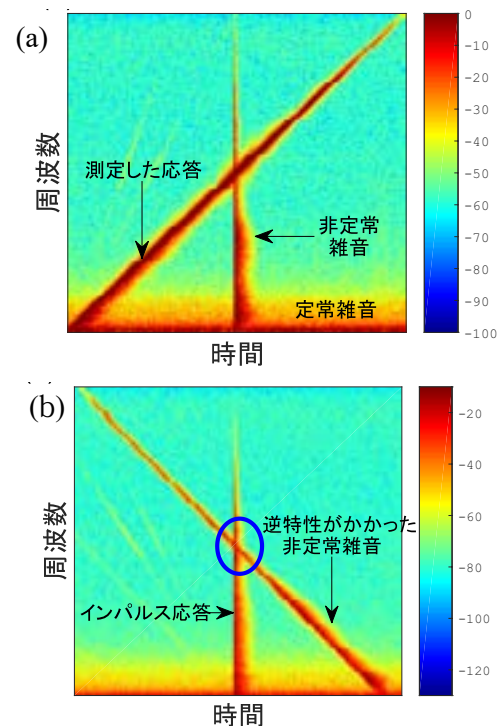


図1. (a) TSP信号を用いた室内応答測定結果 (b) (a)から求めたインパルス応答

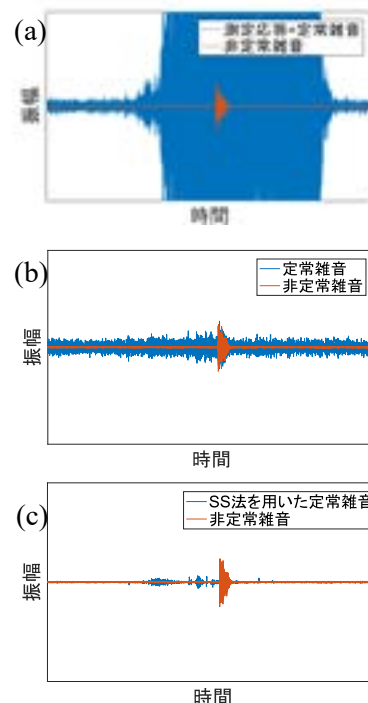


図2. 非定常雑音の検出における手順 (a) 受信信号、(b) 測定信号成分を除去した信号、(c) 定常雑音成分を除去した信号

\*A study of the reduction of nonstationary noise contaminating measured impulse response, by KINOSHITA, Wataru and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

る方法を提案した。

測定信号成分を除去した時間波形を図 2(b) に示す。しかし、測定環境における定常雑音が大きの場合、非定常雑音は明確ではない。そこで、次式で示すスペクトルサブトラクション<sup>[2]</sup>を行うことで定常雑音の影響を低減する。

$$\tilde{Y}(\omega, t) = Y(\omega, t) - \alpha P_N(\omega) \quad \dots (1)$$

ただし、 $Y(\omega, t)$  は受信信号の短時間スペクトル、 $P_N(\omega)$  は雑音の平均スペクトル、 $\alpha$  はゲイン定数、 $\tilde{Y}(\omega, t)$  はスペクトルサブトラクション後の短時間スペクトルを表す。 $\tilde{Y}(\omega, t)$  から合成した時間波形を図 2(c) に示す。定常雑音の影響が低減され、非定常雑音の存在時刻が明確になっている。

## 5. 有効性の確認実験

### 5.1. 測定条件

測定は、寸法が 9.1 × 6.3 × 2.8m、残響時間が 0.6 秒の実験室において行った。サンプリング周波数は 48kHz、信号長は 2<sup>22</sup>(87 秒)とした。また、前報とは異なった条件での有効性を確認するために、測定信号は Log-SS 信号を用い、非定常雑音として継続時間のやや長いせきばらいの音を 2 回発生させた。(図 3)

### 5.2. 測定結果

非定常雑音の区間を検出して、その区間の測定信号を合成、再生して得た応答を図 4 に示す。この 2 つの信号を 1 回目の測定に埋め込んだ Log-SS 応答を図 5 に示す。非定常雑音の影響が改善された。図 6 に (a) 非定常雑音付加と (b) 非定常雑音除去後のインパルス応答を示す。インパルス応答の劣化が改善されていることが分かる。

今回の再測定信号の実測時間は 2 信号の再生で約 7 秒、処理時間は約 9 秒であった。同一の測定を繰り返す場合が 87 秒であることを考えると、1/5 程度の時間短縮ができた。

## 6. むすび

インパルス応答測定時に混入した非定常雑音低減方法をスペクトルサブトラクションを付加することで性能を向上させた。そして、前報より一般的な条件下において有効性評価を行い、1/5 程度の再測定時間の短縮を確認した。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15H0278 の助成を受けたものです。

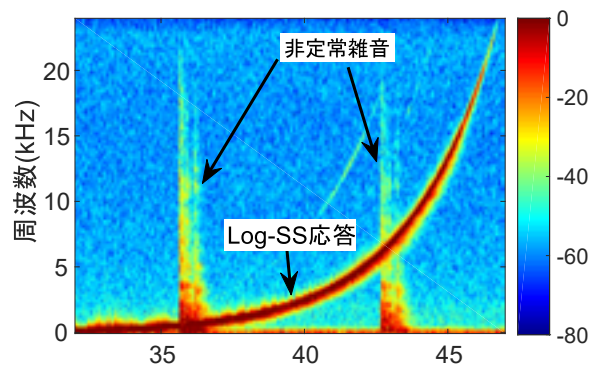


図 3. 非定常雑音が二回混入した Log-SS 応答

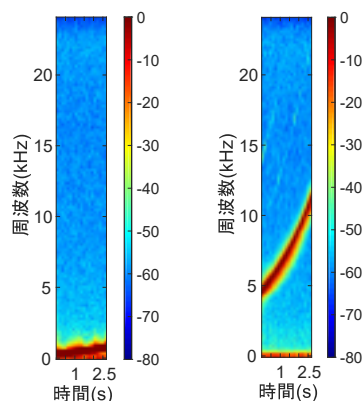


図 4. 再測定した応答

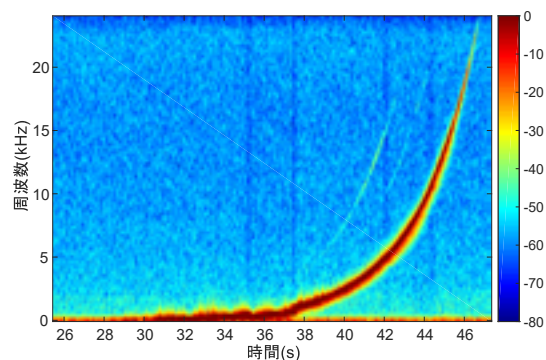


図 5. 改善した Log-SS 応答

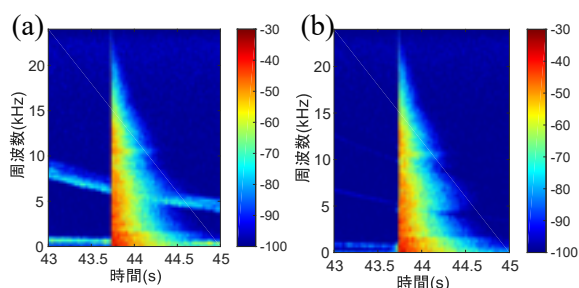


図 6. (a) 非定常雑音付加インパルス応答  
(b) 非定常雑音除去後のインパルス応答

## 参考文献

- [1] 木ノ下, 他, 音響学会 (春), 1-P-35 (2017).
- [2] S. V. Vaseghi, Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, John Wiley & Sons, 2000.