

## 非定常雑音が混入した掃引正弦波応答の改善方法の検討\*

☆木ノ下亘, 竹林涼, 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、TSP 信号などの掃引正弦波信号が用いられる。この時、高い SN 比のインパルス応答を得るためには、長時間の信号を用いる必要がある。しかし、測定中に足音やドアの開閉音などの衝撃性の非定常雑音(以降、「衝撃性雑音」と呼ぶ)が混入した場合(図 1)には測定結果は著しい劣化を受けるため、長時間信号の再測定が必要となる。

## 2 提案する再測定手法

前述の問題点を解決するために、(1)衝撃性雑音が混入した時刻の検出し、(2)検出した時刻の信号を再測定し、(3)それによって得た応答を元の衝撃性雑音が混入した応答に埋め込む、といった3つの手順による方法を提案する。この方法により、短時間の再測定で衝撃性雑音の影響を改善できる。以下、TSP 信号を用いた場合を例として手法を説明する。

## 2.1 衝撃性雑音の混入時刻の検出

衝撃性雑音の混入時刻を検出するために、録音信号を時間波形として表したものを、図 2(a)に示す。図 1 に示したスペクトログラム上では、衝撃性雑音が明確に見える場合でも、図 2(a)のように、衝撃性雑音の振幅が TSP 応答と定常雑音の合計振幅よりも小さい場合には、混入時刻の検出は困難である。

そこで、録音信号から TSP 応答と定常雑音を取り除くことで、衝撃性雑音のみの波形(図 2(b))を得た。図 2(a)の録音信号に逆 TSP 信号を畳み込み、インパルス応答に変換する。その波形からインパルス応答を取り除いた後、再度 TSP 信号を畳み込むことで TSP 応答の除去を行った[1][2]。

また、室内の定常雑音は一般に低域成分が強いのでハイパスフィルタをかけることで定常雑音を除去した。得られた衝撃性雑音成分(図 2(b))は、TSP 応答および定常雑音と重なった部分が除去されているので、図 2(a)に比

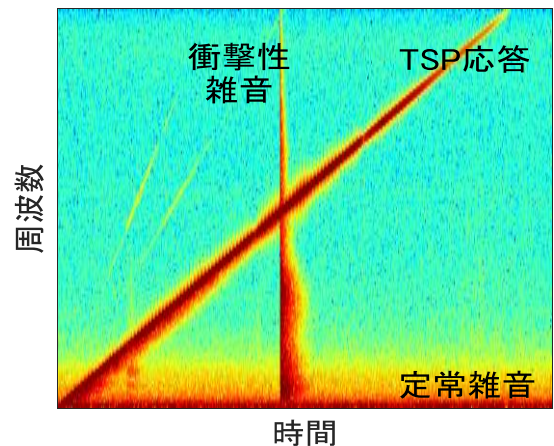


図 1 衝撃性雑音が混入した TSP 応答のスペクトログラム

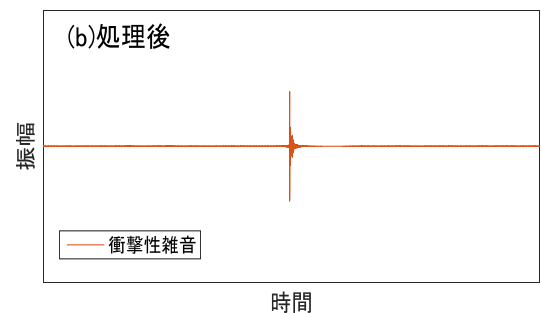
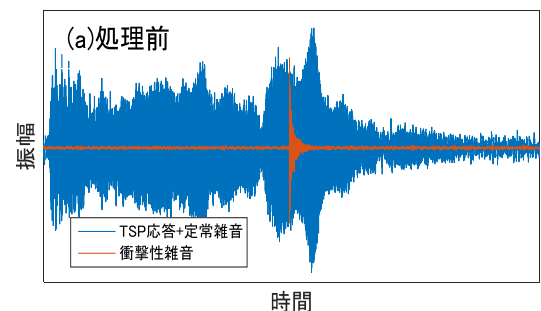


図 2 衝撃性雑音の検出処理前後の波形

べて振幅は小さくなっているが、存在時刻は明確である。

## 2.2 検出部分の再測定

図 3 に衝撃性雑音が混入した TSP 応答のイメージ図を示す。衝撃性雑音には、破線で示すような残響成分が含まれており、 $T_1$ の区間で TSP 応答が影響を受ける。①は $T_1$ の時間に再生された TSP 信号とその応答(残響成分)を

\* A study of a recovery method for a swept sine response contaminated by nonstationary noise, by KINOSHITA, Wataru, TAKEBAYASHI, Ryo and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

表している。また、 $T_2$ の時間に再生された TSP 信号は、それ自身は衝撃性雑音の影響を受けていないがその残響成分②が影響を受ける。したがって、時刻 $T_1, T_2$ の区間の TSP 信号を合成して再測定を行う。

なお、実際には長時間測定信号の長さは数分以上、 $T_1$ と $T_2$ の長さは数秒程度であるので、十分短時間の再測定であるといえる。また、数分以上の再測定を行う場合には、再度衝撃性雑音が混入する危険性も考えられる。

### 2.3 再測定した応答の埋め込み

初回測定の時間波形において、衝撃性雑音を含んだ図 3 の  $T_1$ の時刻の波形を切り捨てて、再測定した信号を埋め込む。その際、初回測定と再測定信号の前半(図 3 の $T_2$ の区間)に対して、相互相関関数を用いることで、波形の位置合わせを行う。

ただし、初回測定と再測定では背景雑音が異なるため、波形の不連続が発生する。これを改善するため、クロスフェード法を用いて加算する。(図 4)

## 3 提案手法の有効性の確認実験

### 3.1 測定条件

測定は、寸法が  $9.1 \times 6.3 \times 2.8\text{m}$ 、残響時間が 0.9 秒の実験室において TSP 信号を用いて測定した。信号長は $2^{20}$ 、サンプリング周波数は 48kHz とした。また、衝撃性雑音として拍手音(1 回)を別途録音し、TSP 応答に加算することにより衝撃性雑音が混入した TSP 応答を作成した。

### 3.2 測定結果

図 5 に衝撃性雑音の影響を改善した TSP 応答を示す。図 1 に示す非定常雑音があった部分に再測定した応答が埋め込まれており、非定常雑音の影響が改善されていることがわかる。また、信号埋め込み時の不連続性による誤差の影響(スペクトログラム上の不自然な直線)もみられない。

## 4 おわりに

衝撃性の非定常雑音が混入した掃引正弦波応答の改善方法を提案した。提案方法は、衝撃性雑音の混入時刻の検出、検出した時刻の再測定用信号の合成、再測定した信号の応答の埋め込み、といった3つの手順よりなる。これにより、短時間の再測定で衝撃性雑音の影響を改善することが可能である。

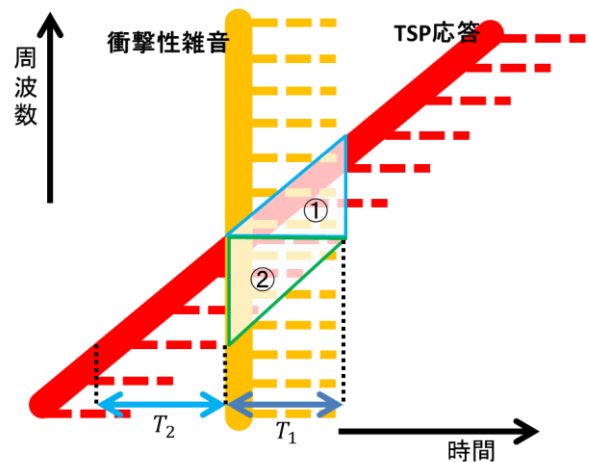


図 3 衝撃性雑音が混入した TSP 応答のイメージ図

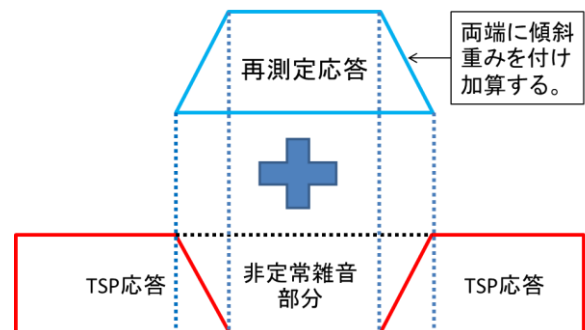


図 4 クロスフェード法のイメージ図

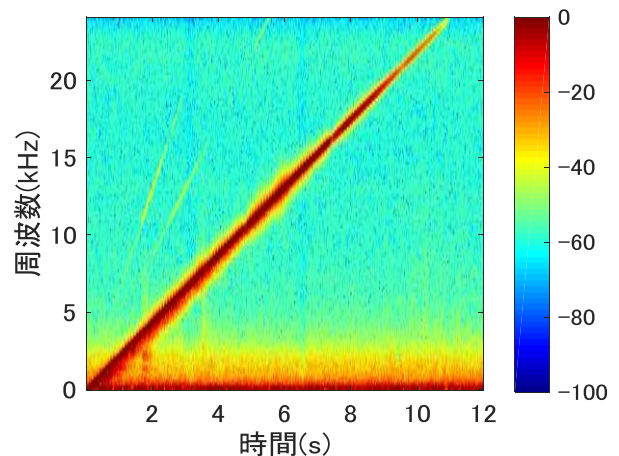


図 5 衝撃性雑音の影響を改善した TSP 応答のスペクトログラム

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15H02728 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1]葛山, 他, 音響学会(春), 3-Q-15 (2006).
- [2]M. Guski et.al. , ACTA ACUSTICA, 101, 723-730 (2015).