

## インパルス応答の帯域別切り出し方法の検討\*

☆牧野洪, 金田豊 (東京電機大)

## 1 はじめに

インパルス応答は系の様々な音響特性を表す重要な特徴量である。しかし測定の際には環境雑音などが付加され、SN比が低下する。SN比を改善する方法としては、インパルス応答を帯域ごとに切り出す方法[1]が有効である。しかしこの方法では雑音パワーを推定する必要があるが、その推定法については課題が残されている。本稿ではインパルス応答切り出しにおける雑音パワーの推定方法の検討を行った。

## 2 インパルス応答の切り出しと問題点

図1に示すようにインパルス応答の測定結果には、雑音区間（インパルス応答が雑音よりも小さい区間、或いは雑音のみの区間）が含まれる。この雑音区間は、インパルス応答から計算される周波数特性などに悪影響を及ぼす。そこで、この雑音区間の除去（＝インパルス応答の切り出し）が必要となるが、雑音レベルは周波数帯域によって異なるので、帯域ごとに異なる時間長で切り出しを行うことが有効である。

インパルス応答の切り出しを行うには定常雑音パワーの推定が必要であるが、従来法では単純に、測定データの後半区間を雑音区間であると仮定して推定していた[1]。しかし実環境では図2のように非定常雑音の影響や非線形歪などが表れる場合があり、後半区間を用いる方法では推定誤差が発生する。一方、ウィナーフィルタなど音声の雑音抑圧技術では最小統計法[2]が知られているが、本用途としては、パワーの過小評価が問題となる。

## 3 雑音パワー推定法と帯域別切り出し

## 3.1 パワー推定に必要なデータ数

雑音を帯域分割した複素離散信号の実部・虚部が各帯域において正規白色乱数であると仮定すると、帯域雑音のパワーはその分散となる。 $n$ 個のデータを用いた標本分散（パワ

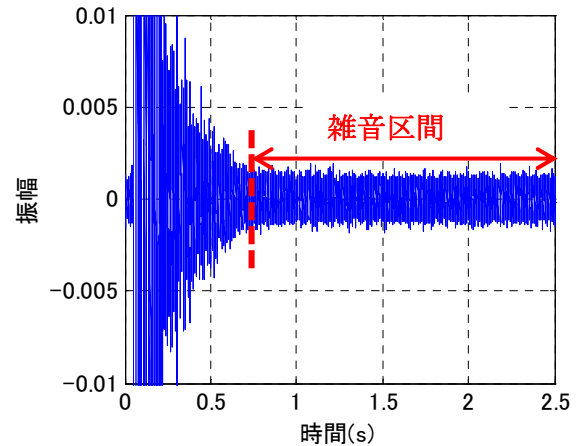


図1 インパルス応答測定結果の例

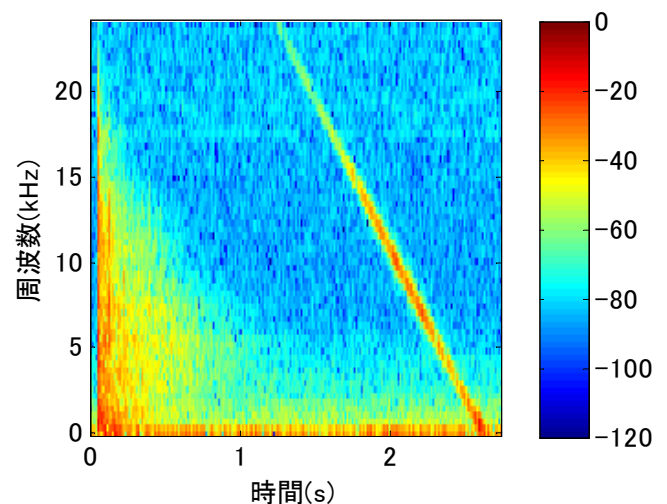


図2 非定常雑音が加わったインパルス応答

ーの点推定値)の分布は、自由度 $n$ の $\chi^2$ -分布となり、パワー推定値の99%が $\pm 1$ dBの範囲に含まれるためには、125個の複素データ( $n = 250$ )を用いて推定すれば良いことがわかった。

## 3.2 提案する雑音パワー推定法

測定データを複数の区間に分割し、インパルス応答や非定常雑音や高調波歪を含まない定常雑音のみの区間を選び出して、雑音パワーを推定する。区間分割は前項の結果より、分析フレームの重複しないデータ個数が125個のサブバンド信号を1区間とした(図3)。

\* A study of sub-band impulse response extraction by MAKINO, Ko and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

この各区間でパワーの推定値（瞬時値の二乗平均：区間推定値と呼ぶ）を求める。そして、区間推定値が最も集中した（±1dB 範囲に最も多数の区間推定値が含まれる）範囲の区間推定値の平均を雑音パワー推定値とする。このようにすることで突出したパワーを持つ非定常雑音などの影響を除去することができる。

### 3.3 帯域ごとの切り出し

インパルス応答測定結果の帯域ごとの二乗波形を求めて移動平均（12点）で平滑化する。図4青線はその一例である。この波形と前項で求めた雑音パワー（図赤線）が最初に交差する時刻をその帯域でのインパルス応答切り出し時刻とする。

## 4 シミュレーションによる有効性評価

高 SN 比で測定した室内インパルス応答（これを真値と呼ぶ）に、実測した室内定常雑音付加し、また、非定常雑音として、逆 TSP 特性を乗じた衝撃音を付加し（図2）、インパルス応答測定結果とした。

これに対して、後半区間を雑音区間とみなして雑音パワーを推定する従来法、および今回の提案手法で雑音パワーを推定し、その結果を用いて 3.3 項の方法で帯域ごとのインパルス応答切り出しを行った。

切り出しの評価は、切り出したインパルス応答をフーリエ変換により周波数特性  $\hat{H}(\omega)$  として、真値の周波数特性  $H(\omega)$  との正規化誤差を求めた。図5に従来法と提案法で雑音パワーを推定した場合の誤差の結果を示す。図より、後半区間を用いてパワーを推定した従来法は提案法に比べて誤差が大きくなっていることがわかる。これは、後半区間に含まれた非定常雑音の影響を受けて推定値が過大となり、その結果切り出しが短くなってしまったことによるもので、提案法では非定常雑音の影響は回避することができた。

## 5 むすび

本稿では、インパルス応答の切り出しに必要な定常雑音パワーの推定法を提案した。提案法では、インパルス応答測定結果を複数の区間に分割し、各区間のパワー推定値の分布を利用して雑音パワーを推定する。提案法を用いれば、定常雑音の一部に非定常雑音などが含まれていても、その影響を回避できることをシミュレーションによって確認した。

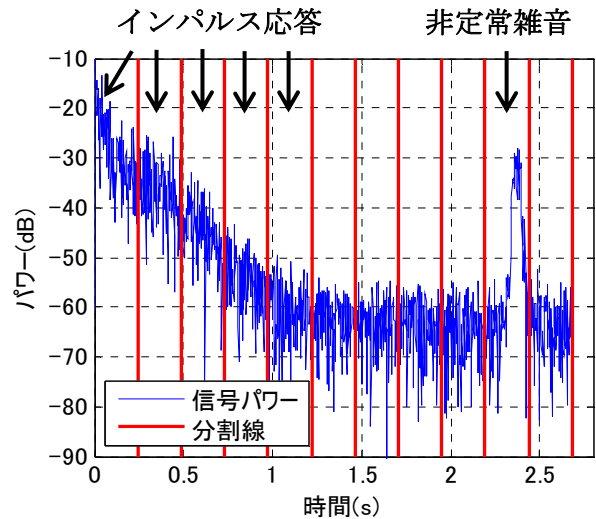


図3 帯域分割信号のパワーと区間分割

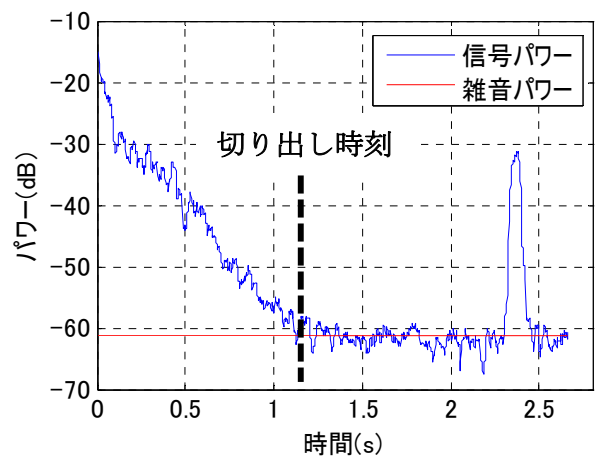


図4 帯域分割信号におけるインパルス応答切り出し方法

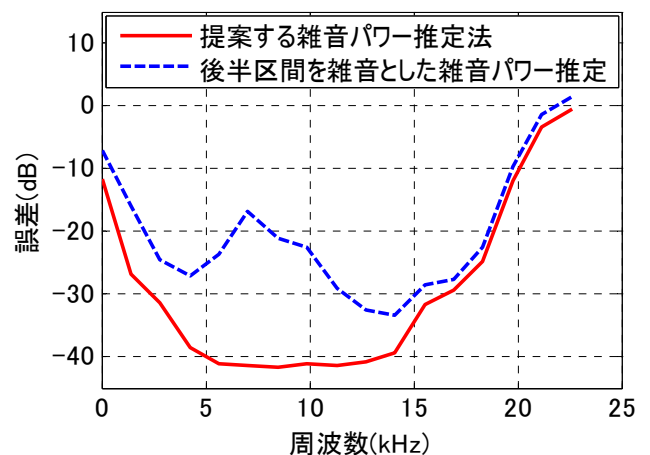


図5 後半区間と提案法の雑音パワー推定による周波数特性の誤差

## 参考文献

- [1] 渋澤, 他, 音講論(秋), 1-P-15, (2011).
- [2] R.Martin, EUSIPCO'94, 1182-1185, Sep. 1994.