

適応型インパルス応答測定信号における 雑音スペクトル推定方法の検討*

☆大森 一弘, 金田 豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

音響系のインパルス応答を測定する際、環境雑音の影響を受けて、インパルス応答の品質が劣化する。この問題に対して、環境雑音のパワースペクトルを事前に推定し、それを基に信号のスペクトルを決定する MN-SS(Minimum Noise – Sweep Sine)測定信号は雑音成分の最小化を実現する[1]。しかし、有限長データで雑音スペクトルを推定する場合、推定方法により推定結果が異なってくる。本稿では、MN-SS 信号に適した雑音スペクトル推定方法についての検討結果を報告する。

2 MN-SS 信号

Fig. 1 に周波数領域でのインパルス応答測定原理を示す。測定されたインパルス応答の周波数特性 $H(k)$ には環境雑音 $N(k)$ を測定信号 $S(k)$ で除した雑音成分 $N(k)/S(k)$ が混入する(k は離散周波数)。この時、測定信号のパワースペクトル $|S(k)|^2$ を、雑音のパワースペクトル

$P_N(k) = E[|N(k)|^2]$ E :期待値 (1)
に対して、

$$|S(k)|^2 = C \cdot \sqrt{P_N(k)} \quad C:定数 \quad (2)$$

とした時に雑音性誤差が最小化される[1]。このスペクトルを持った掃引正弦波信号を MN-SS 信号と呼ぶ。

3 雑音スペクトル推定方法

有限長のデータから雑音スペクトルを推定する代表的手法として自己相関法と線形予測法がある。自己相関法は自己相関関数を有限次数で窓かけをしてスペクトルを求める方法で、線形予測法は、線形予測係数を IIR フィルタの係数とみなしてスペクトルを求める方法である。

それぞれの手法を用いて雑音スペクトルを推定した結果を Fig. 2 に記す。図より、推定手法によって、また同一の手法においても推定次数を変化させると、推定される雑音の形

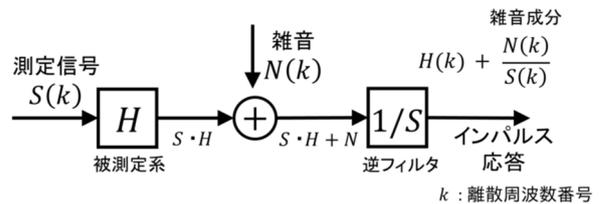


Fig. 1 インパルス応答測定原理

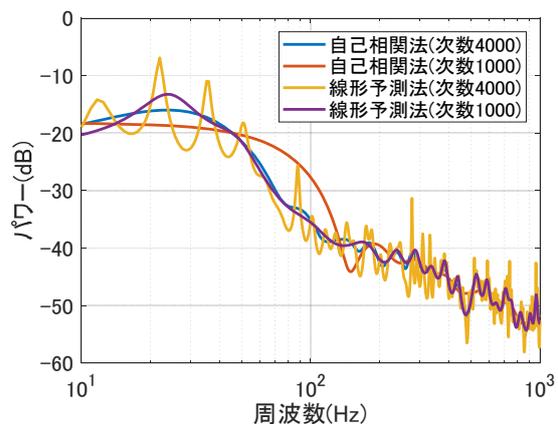


Fig. 2 推定方法による雑音スペクトルの違い

状は大きく異なることがわかる。これらの異なった推定スペクトルを、式(2)に代入して求めた測定信号による雑音低減量は、異なったものとなることが予想され、効果的な推定方法の選択が重要となる。

4 推定方法と雑音成分パワーの実験

4.1 実験条件

一般室内で録音した複数種類の定常雑音に対して、自己相関法および線形予測法の2つを用いて雑音スペクトル $P_N(k)$ を推定し、MN-SS 信号によるインパルス応答測定を行った。測定は、Fig. 3 にスペクトルを示した4種類の騒音環境下で行った。各方法の推定次数を変化させ、インパルス応答に含まれる雑音成分のパワーを計測した。

4.2 実験結果

結果を Fig. 4 に示す。ただし、縦軸は TSP(白色)信号を用いた場合の雑音パワーを基準としたものである。

* A study of noise spectrum estimation for adaptive impulse response measurement signal, by OHMORI, Kazuhiro and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

図より以下のことがわかる。

- (1) いずれも推定次数が大きくなれば雑音パワーは低下する。
- (2) 自己相関法(破線)では、ある次数までは雑音パワーの低下は大きいですが、ある次数以上は変化が少ない。
- (3) 線形予測法(実線)は次数の変化による誤差パワーの変化は小さい。
- (4) 同じ次数であれば線形予測法のほうが誤差パワーは小さい。

4.3 望ましい雑音スペクトル推定方法

実験結果より、推定次数は大きくするとよいと考えられるが、次数を大きくしてスペクトル形状を複雑にすると、掃引正弦波のスペクトルが時間方向に拡散してしまう (Fig. 5(a)). この拡散は、1 時刻に 1 周波数という掃引正弦波の特徴を損ね、非線形誤差の発生時に悪影響を及ぼす。これに対して Fig. 5(b) のように推定次数を 300 次と小さくした場合は、測定信号の時間的拡散が抑えられる。

また、線形予測法では次数を下げて雑音パワーはあまり低下しないので演算量を考慮すると、低次の予測が有利であると考えられる。しかし、Fig. 6 に示した測定結果に含まれる雑音成分のスペクトルを見ると、低次の予測結果を用いた場合においては、鋭いピークを持つ周期雑音成分をあまり抑圧できていない。よって周期雑音成分の抑圧量の観点からは推定次数は大きいほど望ましいと言える。

5 まとめ

本稿では、MN-SS 信号を作成する際の雑音スペクトル推定方法について検討した。その結果、測定したインパルス応答に含まれる雑音成分のパワーの低減量に加えて、合成された掃引正弦波の周波数成分の時間的拡散、および測定結果に含まれる雑音成分のスペクトルの周期成分などを考慮した場合、300 次程度の線形予測法により推定するのが望ましいという結論を得た。

参考文献

- [1] 守谷, 他, 音学誌, 64(12), 695-701, (2008)

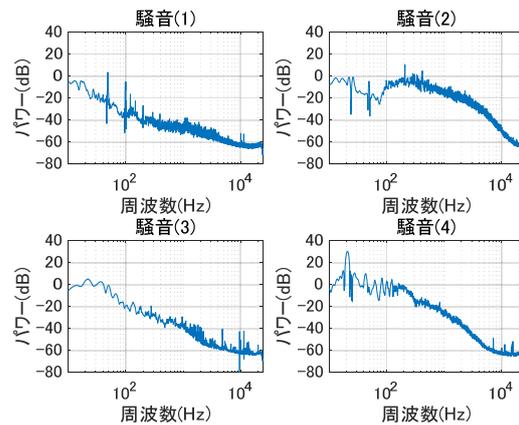


Fig. 3 実験対象とした騒音のスペクトル

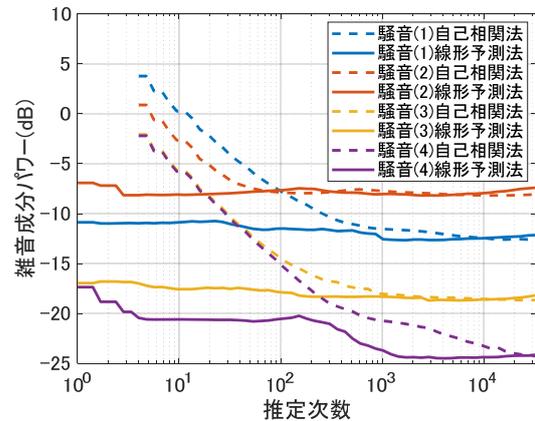


Fig. 4 各手法の推定次数と雑音成分パワー

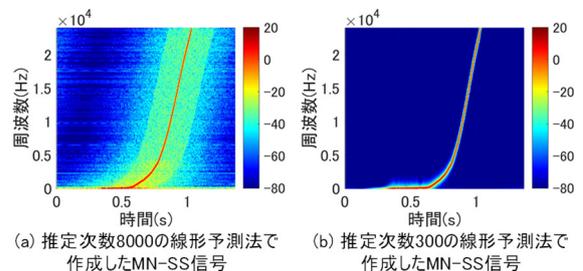


Fig. 5 MN-SS 信号の周波数成分の時間的拡散

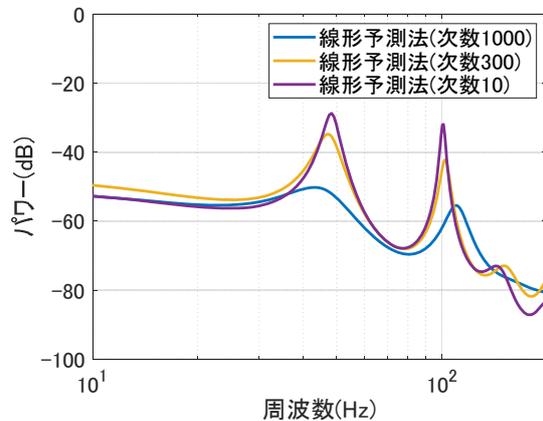


Fig. 6 線形予測法の推定次数変化による測定結果の雑音成分のスペクトル