

# 雑音最小化インパルス応答測定法における雑音スペクトル推定の検討

Study of the noise spectrum estimation for minimum noise impulse response measurement method

中重亮太 金田豊

Ryota Nakashige Yutaka Kaneda

東京電機大学 大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

## 1. はじめに

インパルス応答は音響系における最も重要な特徴量の一つであり、測定結果には十分な SN 比が求められている。この要求に応えるため我々は、インパルス応答に含まれる雑音成分のパワーを最小化する MN-SS(Minimum-Noise Swept-Sine)信号を提案した[1]。MN-SS 信号は推定された雑音のスペクトルに基づいて合成される。本稿では、MN-SS 信号合成における雑音推定方法について検討を行った。

## 2. MN-SS 信号の問題点

MN-SS 信号のパワースペクトルは次式

$$|S(k)|^2 = c \cdot \sqrt{P_N(k)}$$

で与えられる。但し、 $k$  は離散周波数、 $c$  は定数、 $P_N$  は測定環境に存在する雑音のパワースペクトルである。

しかし、推定したスペクトルから MN-SS 信号を合成した際、Fig.1(a)のスペクトログラム(時間-周波数特性)に示すように、掃引正弦波のスペクトログラムが時間方向に拡散されてしまう場合がある。このような場合には、高調波歪などの観測に支障が発生する。

## 3. 周波数分解能による解決策

スペクトログラムが拡散する場合に用いた雑音パワースペクトルの推定結果を Fig.2 の青線で示す。周波数分解能が高すぎるため、細かい凹凸が多く、合成信号のスペクトルに悪影響を及ぼすものと考えられた。

そこで、周波数分析時の窓長を短くして周波数分解能を下げてスペクトルの平滑化を図った。Fig.2 の黒、赤線に、 $\Delta f = 100$  Hz, 800 Hz とした場合の推定スペクトルを示す。これらのスペクトルを用いると Fig.1(b)に示すようにスペクトログラムにおける時間的拡散は改善される。しかし、Fig.2 に示すように、分解能を下げ過ぎると本来の雑音スペクトル形状との違いが大きくなり、MN-SS 信号の雑音低減効果が少なくなってしまう可能性が考えられる。

そこで、周波数分解能  $\Delta f$  と、測定結果に含まれる雑音成分のパワーを調べるための測定シミュレーションを行った。Table1 に周波数分解能  $\Delta f$  と測定結果に含まれる雑音パワーの関係を示す。 $\Delta f$  が 200 Hz を超えるあたりから雑音低減効果の劣化が大きくなることが分かった。一方、 $\Delta f$  が 50 Hz を下回る辺りから合成信号のスペクトログラムに時間的な拡散が見られた。 $\Delta f$  が 100 Hz の時は合成信号に拡散は見られなく、かつ雑音低減効果も十分確保できていた。

## 4. まとめ

インパルス応答に含まれる雑音成分を最小化する測定信号である MN-SS 信号において、合成する際に必要な雑音スペクトルの推定方法を検討した。その結果周波数分解能  $\Delta f$  が 100 Hz 程であれば雑音低減効果を維持しつつ、良好な掃引正弦波を合成できることが分かった。

### 参考文献

[1] 守谷, 金田, 音響学会誌, 64 巻 12 号, pp. 695-701 (2008).

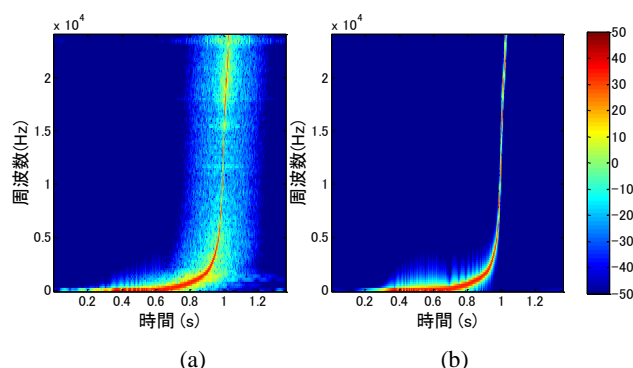


Fig. 1 MN-SS 信号のスペクトログラム  
(a)  $\Delta f=5$  Hz, (b)  $\Delta f=100$  Hz

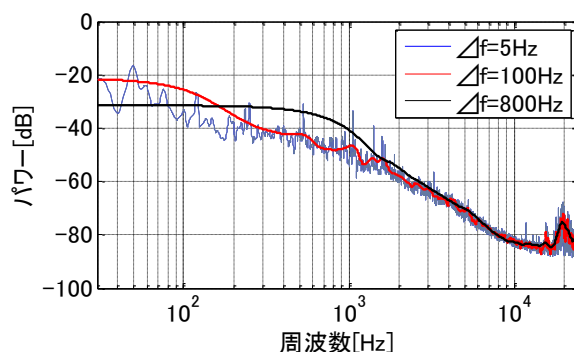


Fig. 2 周波数分解能による雑音パワースペクトル推定結果の違い

Table 1 周波数分解能  $\Delta f$  と測定結果の雑音パワー

$\Delta f$ [Hz]	5	50	100	200	400	800
雑音パワー [dB]	-41.5	-40.3	-39.5	-38.3	-36.7	-34.8