

高調波歪の影響が少ない 空間インパルス応答測定法の検討*

◎高橋寛稔, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

室内や頭部伝達系など、音響系のインパルス応答を測定することは、重要な基礎技術である。このインパルス応答を測定するのに、TSP(Time Stretched Pulse)法[1]が広く用いられている。しかし、TSP法はスピーカの音量を上げた場合、高調波歪によって、インパルス応答に測定誤差が生じてしまう。一方、Log-TSP(ピンク-TSP)法[2]は高調波歪を分離することはできるが、高周波成分のSN比が劣化しやすいという問題を持つ[3]。

このような課題に対して本稿では、TSP信号における高調波歪の影響を簡便に低減する手法を提案する。

2 TSP法と高調波歪

TSP信号は、インパルス信号に対して周波数 f に比例した遅延(または進み)を与えた信号である。時間に比例して周波数が上昇していく信号を TSP-up 信号、時間に比例して周波数が減少していく信号を TSP-down 信号と呼ぶ。

2.1 TSP-up 信号の高調波歪の影響

Fig.1(a)に TSP-up 応答とその高調波歪のスペクトログラムの模式図を示す。この応答に、高周波成分の時間を進ませる(図では左にずらす)処理を行うことで、インパルス応答を求めることができる。この処理は逆信号を畳み込むことによって、実現できる(Fig.1(b))。高周波成分を進ませる操作によって、高調波歪がインパルス応答の左側にはみ出てしまい、非線形誤差となって出てくる。

図からはインパルス応答の左側を切り捨ててしまえば、非線形誤差の影響を受けることはないように考えられるが、実際にはインパルス応答の最大値部の左側にも低レベルのインパルス応答は存在するので、どの辺でインパルス応答を切るのかの判断が難しい。

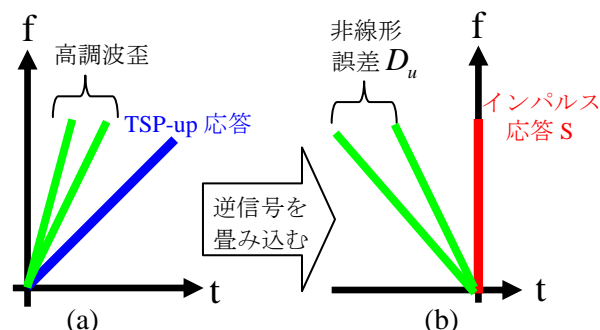


Fig1.TSP-up 信号の高調波歪みの影響

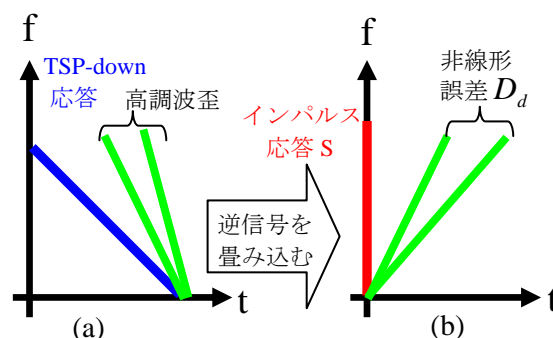


Fig2.TSP-down 信号の高調波歪みの影響

2.2 TSP-down 信号の高調波歪の影響

Fig.2(a)に TSP-down 応答とその高調波歪のスペクトログラムの模式図を示す。この応答に、低周波成分を進ませる処理をすることによってインパルス応答を求めることができる(Fig.2(b))。低周波成分を進ませる操作によって、高調波歪が TSP-up 信号の時とは逆にインパルス応答の右側にはみ出てしまい、非線形誤差となる。

3 提案する高調波歪低減法

真のインパルス応答を S とし、TSP-up 信号および TSP-down 信号で測定した場合の非線形誤差をそれぞれ D_u 、 D_d と表す。このとき TSP-up 信号および TSP-down 信号を用いて得られるインパルス応答測定結果は、それぞれ $S + D_u$ 、 $S + D_d$ と表される。この2つの測定結果を減算すると式(1)のようになる。

*A study of acoustical impulse response measurement with small error caused by harmonic distortion, by TAKAHASHI, Hirotoishi and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

$$(S + D_u) - (S + D_d) = D_u - D_d \quad (1)$$

式(1)の D_u と D_d は、インパルス応答の最大値の時刻を挟んで左右別々の時刻に存在するので、インパルス応答の最大値時刻の左側だけ切り取ることによって、 D_u だけを取り出すことができる。そして、求めた D_u を元のインパルス応答から減算すると式(2)のように非線形誤差の影響が少ないインパルス応答を得ることができる。

$$(S + D_u) - D_u = S \quad (2)$$

4 実験結果

実験は、寸法 5.3×6.0×2.5m(WDH)、残響時間 330ms の部屋で行った。TSP-up 信号から求めたインパルス応答のスペクトログラムを Fig.3 に、TSP-down 信号から求めたインパルス応答のスペクトログラムを Fig.4 にそれぞれ示した。2 つのインパルス応答を減算し非線形誤差だけの信号のスペクトログラムを Fig.5 に示した。図より、インパルス応答に似た形状の測定誤差(原因不明)が残っているが、 D_u の高調波歪成分の切り出しには影響は無いと考え、そのまま処理を行った。

TSP-up 信号で求めたインパルス応答(Fig.3)から非線形誤差(Fig.5)の左側半分を減算した結果(Fig.6)より、非線形誤差が低減できていることがわかる。

なお、この方法では、TSP-up 信号の高調波歪成分に室内応答が畳み込まれて、インパルス応答最大値時刻の右側に含まれてしまったものは除去できないが、その部分では信号対非線形誤差の比は十分大きいので、影響は小さいものと考えられる。

5 むすび

本稿では、TSP-up 信号と TSP-down 信号を用いて、インパルス応答の非線形誤差の低減方法を提案した。実環境で実験を行い、提案法によってインパルス応答の非線形誤差が低減できていることを確認した。

参考文献

- [1] 鈴木 他, 信学技報, EA92-86, 1992.
- [2] 藤本, 音講論, 555-556, 2000.3.
- [3] 森勢 他, 信学技報, EA2004-44, 2004.

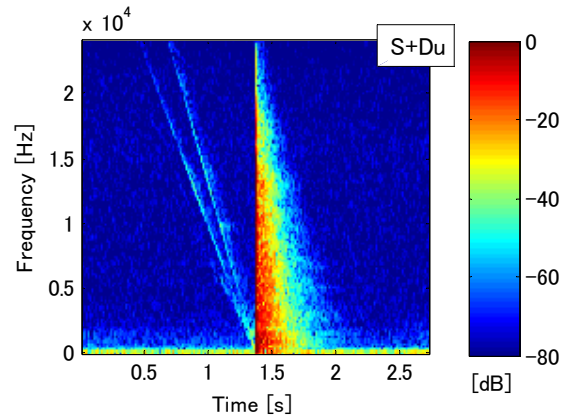


Fig.3 TSP-up より求めたインパルス応答

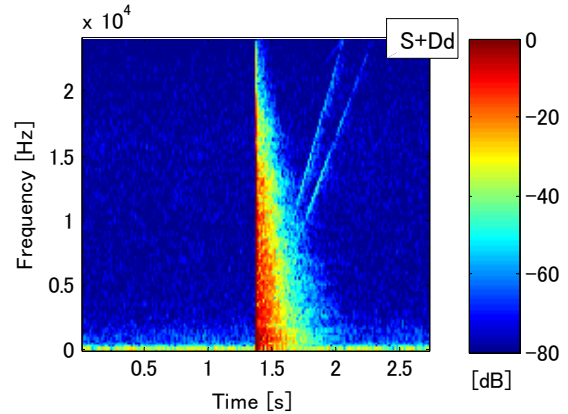


Fig.4 TSP-down より求めたインパルス応答

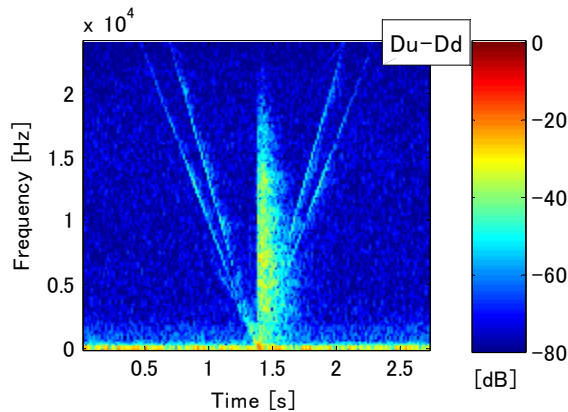


Fig.5 非線形誤差のスペクトログラム

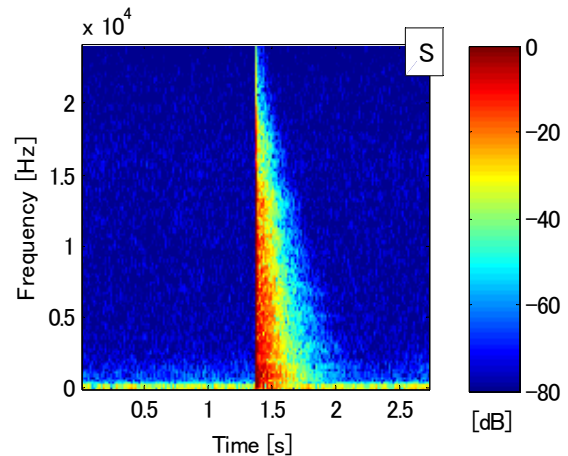


Fig.6 提案法により非線形誤差を低減したインパルス応答