

大音圧を用いた残響時間測定の見直し*

☆中重亮太, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

残響時間は、室内音響の重要な特徴量の一つである。残響時間は、インパルス応答を測定し、そのエネルギー減衰から評価する方法が一般的であるが、その測定には高い SN 比が要求される。SN 比の向上には大音圧の測定信号の利用が有効であるが、大音圧発生時にはスピーカの歪成分が発生するため、ISO3382 では、歪のない音圧での測定が推奨されていた。そのため、SN 比向上の第 2 の方法である長時間の測定信号(または同期加算)が必要であった。

本報告では、高調波歪が除去可能な Log-SS(またはピンク TSP[1])を用いて、歪が発生する大音圧条件下での残響測定の可能性を検討する。

2 Log-SS

Log-SS は対数周波数が時間に比例して上昇する掃引正弦波信号である。Log-SS を用いてインパルス応答を測定した場合、Fig. 1 に示す様にスピーカの高調波歪成分は分離測定される。従って、図の主応答部分のみを切り出せば高調波歪の影響は除去できる。しかし、非線形特性の影響を受けて、主応答にも歪(以下「主応答誤差」)が発生している[2]。主応答誤差は高調波歪より大きいものであるため、残響時間測定に及ぼす影響を評価する必要がある。

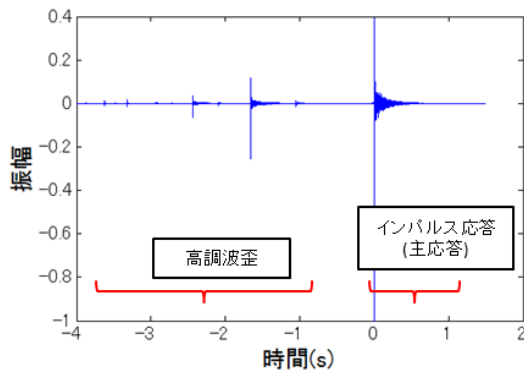


Fig.1 Log-SS によるインパルス応答測定結果

3 大音圧測定のシミュレーション

大音圧の Log-SS を用いた測定をシミュレートし、主応答誤差が残響時間測定に及ぼす影響を評価した。Log-SS に対する歪の発生は振幅のクリッピングによりシミュレートした。振幅をクリッピングした信号は実測したインパルス応答(室寸法 6.3×9.1×2.8m, 残響時間 1.25s)とたたみ込んだ後、逆フィルタをかけてインパルス応答を計算した。

Table1 にシミュレーション結果の全高調波歪率と主応答誤差を示す。Table1 においてクリッピング値とは Log-SS 信号の最大振幅を 1 とした場合の正負の振幅クリッピング値を表す。また、主応答誤差は測定結果と真のインパルス応答の誤差波形のエネルギーを真のインパルス応答のエネルギーで正規化して dB 値で表したものである。クリッピング値が 0.5 の時には、高調波歪率が 20%、主応答誤差は -10dB と大変大きなものになった。

Fig. 2 に真のインパルス応答とクリッピング値が 0.5 の時に得られたインパルス応答波形を示した。クリッピングによる変形が確認される。一方 Fig.3 にこれらから求めた残響曲線を重ね書きしたが、これらはほぼ一致した。これより、主応答誤差が残響時間測定に与える影響は小さいものと予想された。

4 大音圧を用いた測定実験

測定は 6.3×9.1×2.8m の会議室で Table2 に示す条件で行った。入力信号レベル(相対値)は Table3 に示すようにほとんど歪を生じない 70dB から、スピーカの許容最大入力レベル 110dB まで 10dB 間隔で測定した。Table3 には測定結果として各入力レベルに対する 1m 地点での受音音圧、および測定結果から求めた全高調波歪率、主応答誤差を示した。

Fig. 4 に各入力信号レベルで得られたインパルス応答(フルバンド)から計算した残響曲線を示す。図より、大音圧測定(入力 100dB, 110dB)で得られた残響曲線は低音圧測定時の

* A study of reverberation time measurement using a signal with high sound pressure level, by NAKASHIGE, Ryota and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

Table1 シミュレーション結果

クリッピング値	0.9	0.7	0.5
全高調波歪率(%)	0.2	8.8	20
主応答誤差(dB)	-72	-20	-10

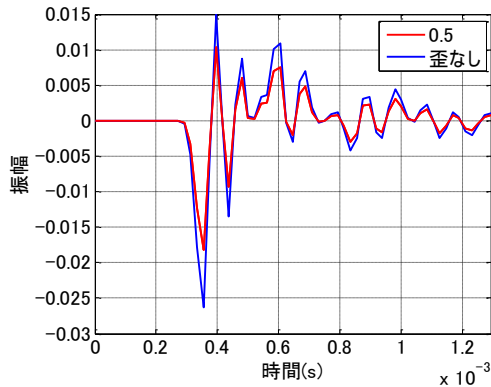


Fig.2 クリッピング歪によるインパルス応答波形の変形

ノイズフロアレベルを除けば、各曲線とほぼ一致していることが分かる。そして、入力レベル 110dB で得られたインパルス応答から 400~1250Hz の 1/3 オクターブバンド毎に残響時間を求め平均したところ 1.25s になった。これは真値 1.27s とほぼ同一となった。

以上のことより、大音圧で測定した場合、インパルス応答自体は、非線形特性により大きく変形し、誤差が発生するが、残響時間はほぼ影響なく測定できることがわかった。

一方、Fig. 4 からわかるように、大音圧測定ではノイズレベルを大幅に低減することができる。ほぼ歪のない音圧である 80dB を用いた測定で大音圧測定(100dB 時)と同程度の SN 比を確保するためには約 20dB の改善が必要である。測定信号の伸長により SN 比を 20dB 改善するためには、100 倍の掃引時間が必要になる。このように、大音圧の測定を行うことで大幅な測定の効率化が可能となる。

5 まとめ

Log-SS を用いた大音圧でのインパルス応答測定時に発生する歪が残響時間測定に及ぼす影響を評価した。その結果、インパルス応答の歪は残響時間測定にはほとんど影響を及ぼさないことが分かり、測定音圧を上げることにより測定時間の短縮が可能となった。

参考文献

- [1] 藤本, 他, 音講論(春), 555-556, 2000.
- [2] 佐々木, 他, 音講論(秋), 761-762, 2013.

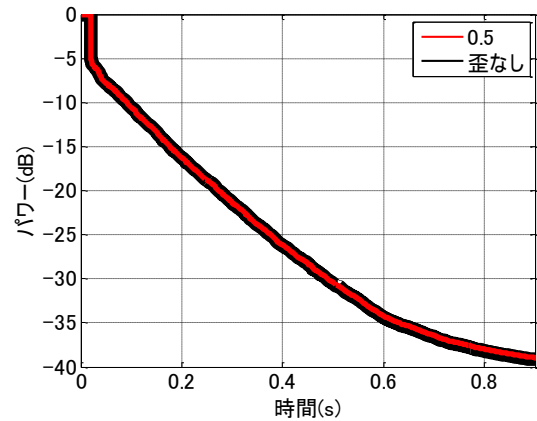


Fig. 3 残響曲線の比較(シミュレーション)

Table2 測定条件

サンプリング周波数	48kHz
信号長	2^21
スピーカ-マイク距離	1m
使用スピーカ	SX-WD30(Victor)
測定帯域	400~1250Hz (1/3 オクターブバンド)

Table 3 主応答の誤差パワー

入力信号レベル(dB)	70	80	90	100	110
受音音圧(dB)	70	80	90	98	101
全高調波歪率(%)	<1.0	<1.0	1.2	3.9	26
主応答誤差(dB)	—	基準	-17	-4.7	-2.3

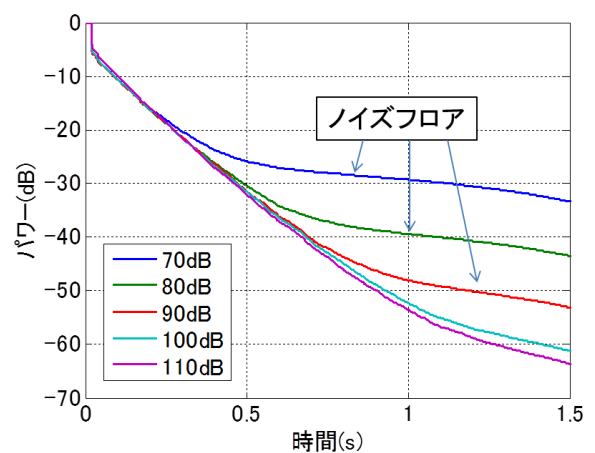


Fig.4 入力信号レベルと残響曲線(実測)