

大音圧で測定したインパルス応答を用いた室内音響特性算出の検討*

☆竹林涼, 金田豊 (東京電機大)

1 はじめに

インパルス応答を用いて様々な室内音響特性量が測定されるが、その測定には、高い SN 比が要求される。大音圧(本稿では音響再生機器の定格値付近での再生音圧を大音圧と定義する)でインパルス応答を測定することで高い SN 比の測定が実現できるが、非線形歪が発生するという問題がある。

この問題に対し、Log-SS 信号を用いれば代表的な非線形歪である高調波歪が分離、除去(図 1)できるため、残響時間の測定には大音圧が有効であると述べられている[1]。しかし、高調波歪の他に、インパルス応答本体にも変形(図 2)が発生している(以降、この変形を基本波歪と呼ぶ)。基本波歪は高調波歪よりも 20dB 以上エネルギーが大きい[2]ため、その影響を検討する必要があると考えた。残響時間測定における大音圧の有効性はすでに確認[3]されている。本報告では、大音圧測定が残響時間以外の室内音響特性に及ぼす影響を検討した。

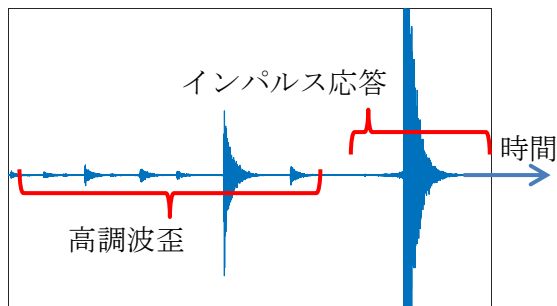


図 1 大音圧の Log-SS 信号で測定したインパルス応答

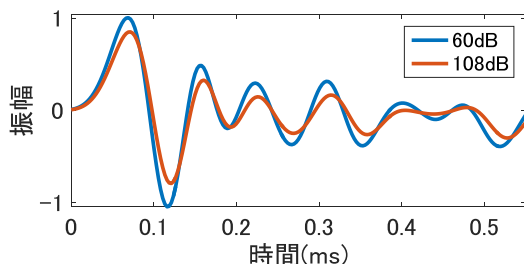


図 2 大音圧測定時のスピーカのインパルス応答波形の変形

2 対象とする室内音響特性

本報告では以下の室内音響特性を対象とする。ただし $h(t)$ はインパルス応答を表す

① $C80 =$

$$10 \log \left(\int_0^{80\text{ms}} h^2(t) dt / \int_{80\text{ms}}^{\infty} h^2(t) dt \right) [\text{dB}]$$

② $D50 = \int_0^{50\text{ms}} h^2(t) dt / \int_0^{\infty} h^2(t) dt$

③ $Ts = \int_0^{\infty} t \times h^2(t) dt / \int_0^{\infty} h^2(t) dt$ [s]
(時間重心)

④ EDT[s] : 残響曲線の 0dB から -10dB の傾きから求める残響時間

⑤ $MTF,$

$$m(F) = \left| \int_0^{\infty} h^2(t) e^{-j2\pi Ft} dt \right| / \int_0^{\infty} h^2(t) dt$$

3 室内音響特性の正確な算出の条件

前節の室内音響特性の導出式①~⑤より、室内音響特性を正しく算出するためには、

$$\text{残響曲線} : r(t) = \int_t^{\infty} h^2(\tau) d\tau$$

の計算およびインパルス応答の開始点(上式で $t = 0$ とする点、以下「開始点」)の検出の正確性が重要である。そこで、大音圧の測定によるこれらの量の算出への影響を実験的に検討した。

実験は、 $9.1 \times 6.3 \times 2.8\text{m}$ の実験室において Log-SS 信号を用いてインパルス応答を測定した。スピーカは BOSE-101MM(定格入力(45W)時の再生音圧は 103dB)、アンプは B&K Type2734 を用いた。サンプリング周波数は 48kHz とした。

最初に、基本波歪が小さく SN 比の高いインパルス応答を、測定信号長²¹、スピーカから 1m 地点での受音音圧が 70dB で 10 回同期加算をして求めた。そしてこのインパルス応答より求めた残響曲線や諸音響特性値を「真

* Study of room acoustic parameters calculation using the impulse response measured with high sound pressure, by TAKEBAYASHI, Ryo and KANEDA Yutaka (Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University).

値」とみなした。大音圧での測定は測定信号長 2^{18} 、スピーカから1m地点での受音音圧が108dBで行った。

図3(a)~(f)にオクターブバンド毎の残響曲線の真値を青線で、大音圧の測定で得られた残響曲線を赤線で重ね書きした。両曲線がほぼ一致していることから、大音圧測定におけるインパルス応答の変形は残響曲線に影響は小さいと考えられる。

次に、同室内の3地点で測定したインパルス応答からその開始点を導出した。開始点は、インパルス応答前方からインパルス応答方向に、最初に振幅の二乗値が最大値から-20dBの値となった点とした[4]。結果(単位はサンプル)を表1に示す。どの測定点の結果も開始点がほぼ一致していることより、大音圧で測定してもインパルス応答の開始点の検出には影響がないと言える。

以上より、大音圧でインパルス応答を測定しても、室内音響特性を正しく算出できると考えた。

4 大音圧測定で得た室内音響特性

測定点Aで得られたインパルス応答から算出した室内音響特性を図4①~⑤に示す。大音圧による測定値は若干真値とはずれているが各特性量のJND[4]の範囲には十分おさまっているため、大音圧測定は室内音響特性の算出に影響を及ぼさないと考える。

5 まとめ

大音圧によるインパルス応答測定が室内音響特性の算出結果に及ぼす影響について評価した。代表的な室内音響特性はJND以下の誤差で測定できることがわかり、大音圧測定の有用性が示された。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 15H02728 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] ISO 18233:2006.
- [2] 小林, 他, 音講論(秋), 1-P-4 (2016).
- [3] 中重, 他, 音講論(秋), 1-Q-29 (2015).
- [4] ISO 3382-1:2009.

表1 インパルス応答開始点の測定結果

測定音圧	測定点 A	測定点 B	測定点 C
真値	3696	3822	4152
108dB	3695	3822	4153

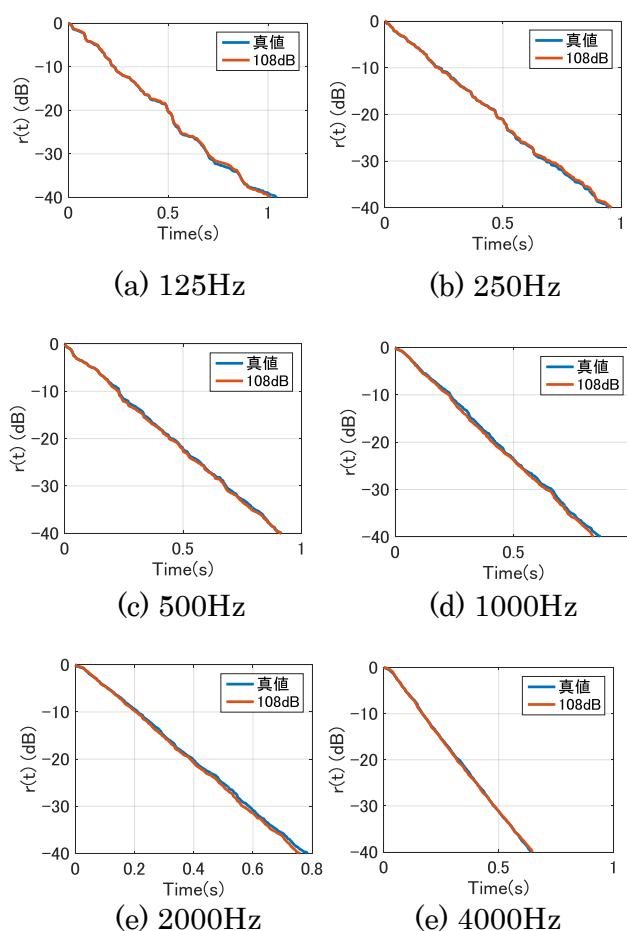


図3 オクターブバンドにおける残響曲線 $r(t)$

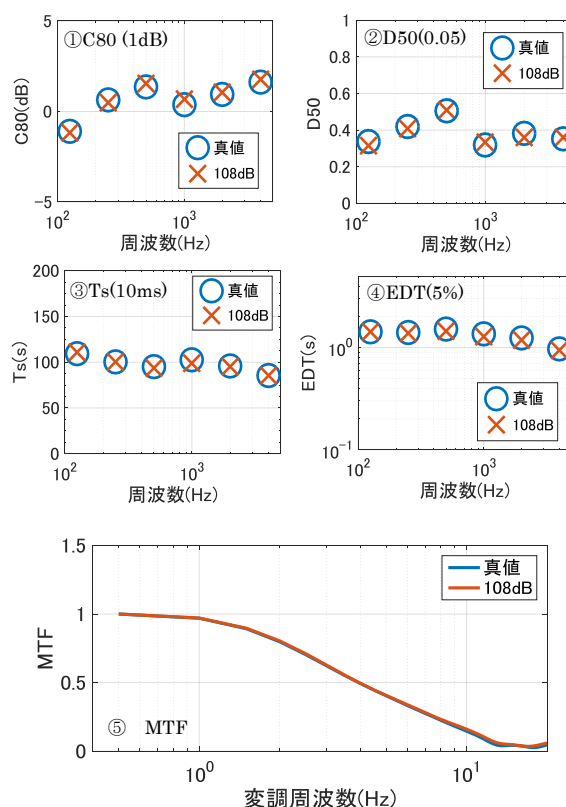


図4 室内音響特性の比較(カッコ内はJND値)