

# CSN-SS 信号を用いた残響時間測定法のスペクトル平滑法の検討

## A study of spectrum smoothing for reverberation time measurement using CSN-SS signal.

中原 優樹  
Yuki Nakahara

金田 豊  
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

残響時間は室内音響指標の基本的な値である。筆者らは Constant Signal-to-Noise ratio Swept Sine (CSN-SS) 信号を用いた、効率的な残響時間測定法を提案した[1]。本稿では提案法に必要な、環境雑音や測定系の周波数応答のスペクトル平滑法に関する検討結果を述べる。

### 2. CSN-SS 信号を用いた測定

CSN-SS 信号を用いた測定手順を図 1 に示す。本手法ではまず被測定系の周波数応答の予備測定を行う。次にその測定結果  $\hat{H}(k)$  を用いて、ISO で定められた残響時間測定の要求条件[2]、すなわち、各帯域のピークに対する雑音レベルを  $-45\text{dB}$  とするために必要な SN 比  $D_{SN}(k)$  を求める。つぎに測定環境の雑音のパワースペクトル  $P_N(k)$  と  $\hat{H}(k)$  を用いてこの  $D_{SN}(k)$  を実現する測定信号、CSN-SS 信号のスペクトル  $|S(k)|^2$  を次式で合成する。

$$|S(k)|^2 = D_{SN}(k) \cdot P_N(k) / |\hat{H}(k)|^2 \quad (1)$$

この信号を用いてインパルス応答の本測定を行うことで、ISO の要求条件を満たしたインパルス応答を最短時間で求めることができる。

### 3. スペクトル平滑化法

有限の測定長で推定する雑音スペクトル  $P_N(k)$  や、室内音響系の予備測定結果  $\hat{H}(k)$  には真の値とは異なる山谷が発生する。これらを式(1)に代入すると予備測定時と本測定時との特性差による誤差発生の原因となる。そこでスペクトルの平滑化が必要となる。

前回までの検討[1]では、室内の平均的雑音である Hoth 雑音を用いて周波数分解能が  $12\text{Hz}$  程度で平滑化(図 2)を行えば良好な結果が得られていた。しかし今回、実環境雑音(空調雑音)を用いてシミュレーションを行った結果、問題が生じた。図 3 は得られたインパルス応答の  $1/3\text{octave}$  バンド毎の雑音レベルを示す。2つの赤破線で挟まれた範囲では  $-45\text{dB}$  一定となることが望まれるが、 $12\text{Hz}$  の分解能で平滑化を行った結果(赤○印)は  $100\text{Hz}$  以下で雑音レベルが上昇している。

この原因を探るため、空調雑音のスペクトル(図 4 緑)を調べた。図よりわかるように低周波部には  $12\text{Hz}$  での平滑化(赤線)ではとらえきれない複数のピークが存在している。そこで周波数分解能を  $1\text{Hz}$  程度に向上させた平滑化スペクトル(図 4 青線参照)を用いてシミュレーションを行った結果、図 3 の青×印に示すように  $100\text{Hz}$  以下の帯域に対しても雑音レベルをほぼ  $-45\text{dB}$  一定に制御できることが確認できた。

### 4. おわりに

CSN-SS 信号を用いた残響時間測定の際のスペクトル平滑法を行う際、低域のスペクトル推定に十分に注意を払う必要があることが示された。

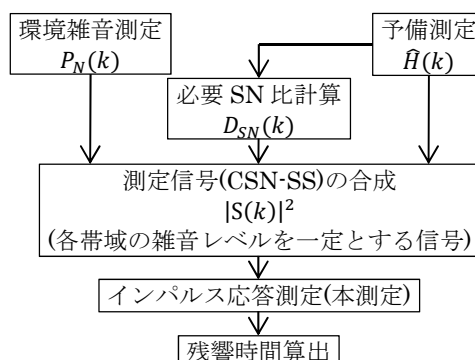


図 1 CSN-SS 信号を用いた残響時間測定手順

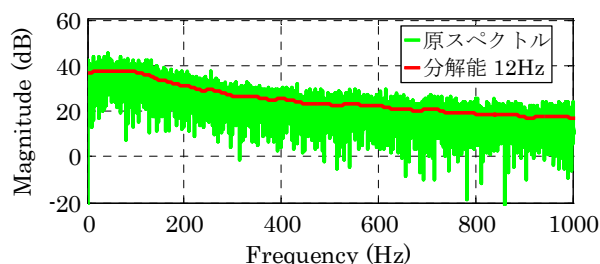


図 2 Hoth 雑音のスペクトルと分解能  $12\text{Hz}$  での平滑化

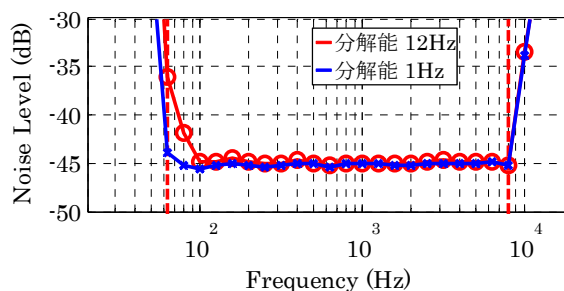


図 3 測定結果の帯域別雑音レベル

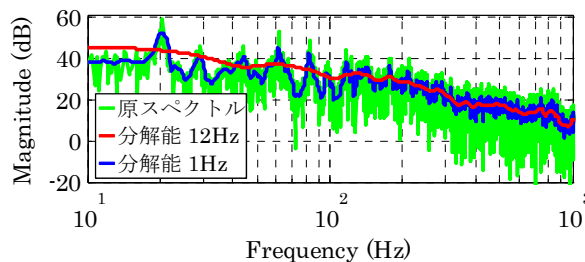


図 4 空調雑音のスペクトルと平滑化

### 参考文献

- [1] 中原, 他, 音講論集(春), 1197-1198 (2014).
- [2] ISO3382-1: 2009.