

# 適応処理時代の ノイズ・キャンセル実験室

新連載

第1回

## 周波数領域ノイズ除去の基本中の基本… スペクトル・サブトラクション

川村 新

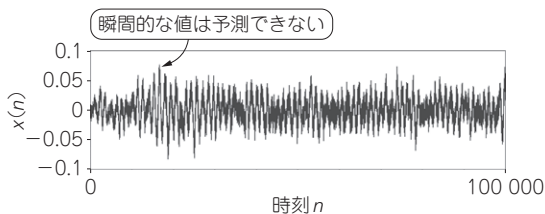


図1 マイクで録音した静かな部屋の音の波形  
静かな部屋では主となる音はマイクのノイズになる。各時刻の音を正確に推定することは困難

本連載では音声のノイズ除去に注目し、さまざまな方式や、それらを実現するプログラムを紹介していきます。

今回は、最も基本的な周波数領域のノイズ除去手法であるスペクトル・サブトラクション (Spectral Subtraction) です。

### 原理

ノイズが含まれる音声をFFT (Fast Fourier Transform; 高速フーリエ変換) すると、音声とノイズの和のスペクトルが得られます。そこで、あらかじめ計算しておいたノイズ・スペクトルを減算することで、ノイズを除去します。

#### ● 音声にノイズがのった信号が観測されている

時刻  $n$  における音声を  $s(n)$ 、ノイズを  $d(n)$  とし、観測信号  $x(n)$  を、

$$x(n) = s(n) + d(n)$$

と定義します。ノイズは、環境ノイズに加え、マイクロホン自体の機器ノイズも含まれることとします。

図1は、筆者のノートPCに内蔵されているマイクロホンで、ボリュームを最大にし、環境音を録音した波形です。部屋が静かだったので、主となる音はマイクのノイズです。つまり、

$$x(n) = d(n)$$

です。図1から想像できるように、各時刻でノイズの「波形」を正確に推定し、除去することは困難です。

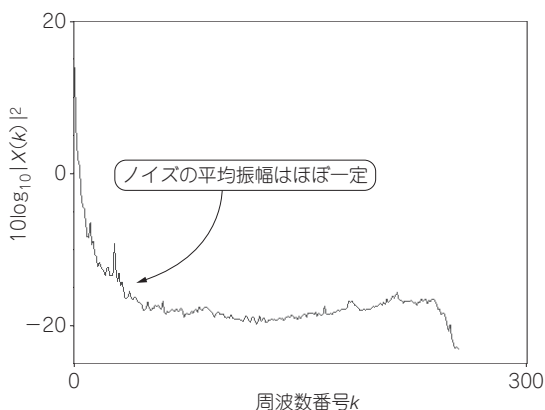


図2 ノイズの平均対数パワー・スペクトル  
見やすいように、平均の  $|X(k)|$  を対数パワー・スペクトルに変換している

#### ● ノイズのスペクトルはほとんど変化しない

観測信号  $x(n)$  を短い時間間隔 (フレームと呼ぶ) でFFTし、スペクトル  $X(k)$  を調べます。  $k$  はスペクトル番号です。  $X(k)$  は複素数なので、

$$X(k) = |X(k)| \exp(j\angle X(k))$$

と書けます。

ここで、  $j = \sqrt{-1}$  です。  $| \cdot |$  は絶対値で、  $|X(k)|$  は振幅スペクトルと呼ばれます。  $\angle \cdot$  は偏角で、  $\angle X(k)$  は位相スペクトルと呼ばれます。

今回は、振幅スペクトル  $|X(k)|$  のみを調べます。1フレームを32msとして、図1の  $x(n)$  に対して順次FFTを実行し、得られた振幅スペクトル  $|X(k)|$  を平均した結果を図2に示します。

#### ● 観測信号からノイズの推定値を減算する

ノイズだけの観測信号から、あらかじめ平均的な振幅スペクトル  $|X(k)|$  を取得しておき、これをノイズ推定値  $|\hat{D}(k)|$  とします。音声とノイズが混在する観測信号から  $|\hat{D}(k)|$  を減算すれば、ノイズを除去できます。この方法をスペクトル・サブトラクションと呼びます。

$k$  番目のスペクトル  $X(k)$  に対するスペクトル・サブ