

[実験] 音で音を消す

# アクティブ・ノイズ・キャンセリング

第5回 適応フィルタで観測位置によらず消音  
 …基本のLMSアルゴリズムを試す 川村 新

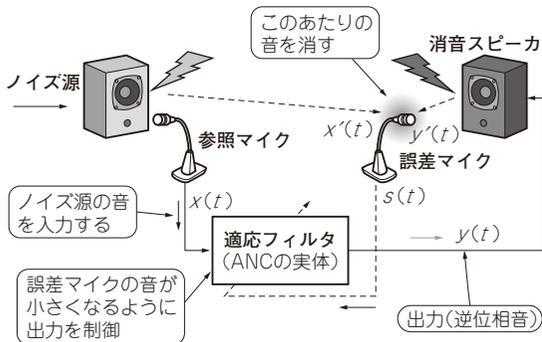


図1 今回の実験…観測位置によらず音が消えるか試す

アクティブ・ノイズ・キャンセリング(ANC)技術では音に逆位相の音をおつけて消音します。つまり、消したい音の振動と逆の振動をもつ音(これを逆位相音と呼ぶ)をおつければ、空気の振動を止めて音を消すことができるというものです。

この技術は、ノイズ・キャンセリング・イヤホン(またはヘッドホン)、車内の騒音低減、空調機器のダクトなどにも使われています。本連載ではANC技術を使って自宅で試せる消音実験を解説します。

## ● 今回の実験テーマ…観測位置によらず消音できる「LMSアルゴリズム」を試す

前回までの実験で、2つのスピーカの間で音が消えるけれども、中間位置から少しずれた位置で観測すると音がうまく消えないことを確認し、さらに、高い周波数よりも低い周波数の方が、消音効果を保持しやすいことも確認しました。

今回からは、観測位置によらず自動的に消音効果を得るANCの実験を行います。ANCでは、マイクで観測される音を常に監視して、音量が最も小さくなるように逆位相音の振幅と位相を自動調整しています。今回、この自動調整に「適応フィルタ」を使います。適応フィルタとは、出力を目的とする状態(今回は音量が最小)に近づくように、フィルタ係数(フィルタ

の乗算器の値)を更新していく信号処理です。ここで適応的にフィルタ係数を更新する方法、手順を適応アルゴリズムと言います。今回は最も基本的な適応アルゴリズムである、LMS(Least Mean Square)アルゴリズムを実装して音が本当に消えるか試します。

## ● 実験方法

図1に、適応フィルタを用いた今回の実験の仕組みを示します。まず、ノイズ源の音 $x(t)$ を参照マイクで取得し、適応フィルタに入力します。ここで $t$ は時刻を表します。適応フィルタは、入力の振幅と位相を自動調整して逆位相音 $y(t)$ を作り、消音スピーカから出力します。うまく逆位相の音が出力されればノイズが消えます。しかし、ノイズは空間を伝搬する過程で $x(t)$ から $x'(t)$ に変化しているため、単純な逆位相ではうまく消音できません。適応フィルタは、誤差マイクで観測された音 $s(t)$ を小さくするように動作します。誤差マイクで観測される音が小さくなれば、うまく逆位相音が作られたことになります注1。

## 実験原理

### ● うまく逆位相音をつくる仕組み…適応フィルタ

図1をブロック図で示した図2を用いて、適応フィルタの仕組みについて説明します。時刻 $t$ を整数(離散化されたとびとびの時刻)とし、参照マイクの信号を $x(t)$ と表します。適応フィルタの出力 $y(t)$ は次式で計算されます。

$$y(t) = \sum_{i=0}^{M-1} h_i(t) x(t-i)$$

ここで、 $h_i(t)$ が $i$ 番目のフィルタ係数を表し、 $M$ はフィルタ係数の数です。つまり、出力信号 $y(t)$ は、入力信号の現在と過去の値 $x(t)$ 、 $x(t-1)$ 、 $\dots$ 、 $x(t-M+1)$ の線形結合(重みを付けて加算したもの)

注1: ただし、逆位相音 $y(t)$ も誤差マイクの位置では $y'(t)$ に変化しているので、うまく逆位相音をおつけることは簡単ではありません。