

## 能動騒音制御におけるオンライン推定法の研究

## An Online Modeling Method in Active Noise Control

山崎瞬† 菊池久和‡ 村松正吾‡

Shun Yamazaki Hisakazu Kikuchi Shogo Muramatsu

† 新潟大学大学院 自然科学研究科 数理情報電子工学専攻

‡ 新潟大学 工学部 電気電子工学科

## 1. まえがき

能動騒音制御(Active Noise Control)とは、騒音と同振幅・逆位相の擬似騒音を生成し干渉させて相殺し騒音を低減させる方法である。低周波の騒音に強く、比較的小型の装置で消音可能という特徴を持つ。本研究では制御中に2次伝達経路が大きく変化してしまう場合にも追従することができる Online 推定法を実装する。しかし、Online 推定法は擬似騒音と共に印加雑音を出力しなければならないので、印加雑音自体が耳障りになる欠点がある。そこで、印加雑音を騒音に対して変化させることで、印加雑音を聴覚上知覚されにくくした上で、安定した能動騒音制御を目指す。

## 2. 能動騒音制御アルゴリズムの構成

適応フィルタの更新には Fast Block LMS アルゴリズムを使用した。はじめに、Block LMS アルゴリズムは、

$$\mathbf{w}_{i+1} = (1 - 2\mu\beta)\mathbf{w}_i + \mu \sum_{k=0}^{M-1} \mathbf{x}_{kM+1} e_{kM+1} \quad \dots(1)$$

のように定義される。ここで  $\mathbf{w}_i$  は適応フィルタ係数ベクトル、 $\mathbf{x}_k$  は騒音信号ベクトル、 $e_k$  は誤差信号とする。 $\mu$  は、ステップサイズと呼ばれる正定数であり、 $\mathbf{w}_i$  の挙動を制御する重要な働きをもつ。 $\beta$  を  $(1 - 2\mu\beta) < 1$  となるように定めることにより適応フィルタ係数の発散を抑制することができる。式(1)の右辺第2項は巡回畳み込み演算に変えることができる。巡回畳み込み演算にFFTを用いて計算すると

$$\mathbf{E}_k = \text{FFT} \begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{e}_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X}_k = \text{diag}(\text{FFT}[\mathbf{x}_{(k-1)M}, \dots, \mathbf{x}_{(k+1)M-1}])$$

$$\Phi_k = \text{first } M \text{ elements of } \text{IFFT}[\mathbf{X}_k^H \mathbf{E}_k]$$

$$\mathbf{w}_{i+1} = (1 - 2\mu\beta)\mathbf{w}_i + \mu\Phi_k$$

のような更新式を得る。

## 3. Online 推定法

図1にDSPに実装した能動騒音制御システムのブロック線図を示す。 $P(z)$ は騒音用スピーカーから誤差マイクまでの主伝達経路、 $W(z)$ は適応フィルタ、 $C(z)$ は消音用スピーカーから誤差マイクまでの2次伝達経路、 $\hat{C}(z)$ は推定した2次伝達経路である。左の点線で囲まれたブロックは擬似騒音を生成するフィルタを更新し、右の点線で囲まれたブロックはOnline推定のための2次伝達経路を推定する。先ほどの更新式をブロック線図上ではFBLMSと表している。この2つの部分を交互に実行し、2次伝達経路を推定しながら消音することができる。

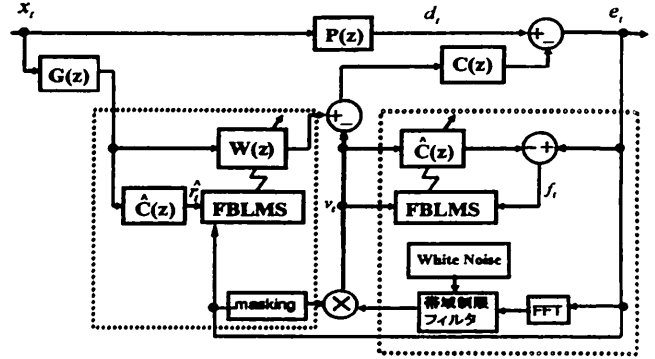


図1: 能動騒音制御システムのブロック線図

Online 推定法で擬似騒音と共に出力する印加雑音を目立たなくするために、誤差信号に合わせて帯域制限し、ヒトの聴覚特性をもとに音量を設定する。結果として騒音に埋もれさせることができる。

## 4. 実験

適応フィルタのフィルタ長、およびブロックサイズとともに256とした。FFT点数は512とした。騒音を流して5秒後に能動騒音制御システムを実行した。騒音源には、白色雑音を用いた。

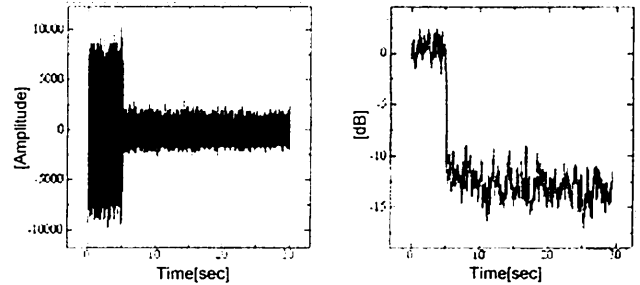


図2: 消音波形と消音効果

左図は騒音の振幅波形である。制御を開始した時点から即座に消音効果が追従している。また右図から、約13dBの騒音の減衰が確認できる。この結果から、印加雑音による消音効果の低下は見られなかった。2次伝達経路の変化にも追従し、安定した能動騒音制御ができた。

## 参考文献

- [1] 飯國洋二, 適応信号処理アルゴリズム, 倍風館, 2000.
- [2] S.Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 2002.
- [3] S.Elliott, Signal Processing for Active Control, Academic Press, 2001