

# パラレル構成型適応ノッチフィルタのDSP実現

学籍番号：90153023 飯國研究室 大谷 大和

## 1. はじめに

信号に含まれる狭帯域雑音を除去するために、パラレル構成型適応ノッチフィルタが提案されている。パラレル構成型適応ノッチフィルタは高速な収束速度と高い推定精度を同時に実現できるという特長がある。本研究ではパラレル構成型適応ノッチフィルタのステップサイズの設定条件を導出する。更に、パラレル構成型ノッチフィルタをDSPに実装し、実環境における有効性を確認する。

## 2. パラレル構成型適応ノッチフィルタ

図1にパラレル構成型適応ノッチフィルタの構成を示す。図1における各フィルタの伝達関数を次式に示す。

$$H_N(z) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{r_A + \alpha(n)z^{-1} + z^{-2}}{1 + \alpha(n)z^{-1} + r_A z^{-2}} \right\} \quad (1)$$

$$\tilde{H}_N(z) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{r_A + \tilde{\alpha}(n)z^{-1} + z^{-2}}{1 + \tilde{\alpha}(n)z^{-1} + r_A z^{-2}} \right\} \quad (2)$$

$$\tilde{H}_B(z) = \frac{1}{1 + \beta(n)z^{-1} + r_B z^{-2}} \quad (3)$$

ここで、 $r_A$ 、 $r_B$ それぞれはノッチフィルタおよびバンドパスフィルタ極の振幅の二乗である。 $\alpha(n)$ 、 $\tilde{\alpha}(n)$ はノッチフィルタのタップ係数であり、各時刻において次式で更新する。

$$\alpha(n+1) = \alpha(n) - \mu u(n-1)e(n) \quad (4)$$

$$\tilde{\alpha}(n+1) = \tilde{\alpha}(n) - \tilde{\mu} u_B(n-1)e(n) \quad (5)$$

ただし、

$$E[e^2(n)] \geq E[\tilde{e}^2(n)] \quad (6)$$

のとき、

$$\alpha(n+1) = \tilde{\alpha}(n+1) \quad (7)$$

とする。また、 $\beta(n)$ はバンドパスフィルタのタップ係数であり、

$$\beta(n) = \frac{1+r_B}{1+r_A} \alpha(n) \quad (8)$$

として設定する。

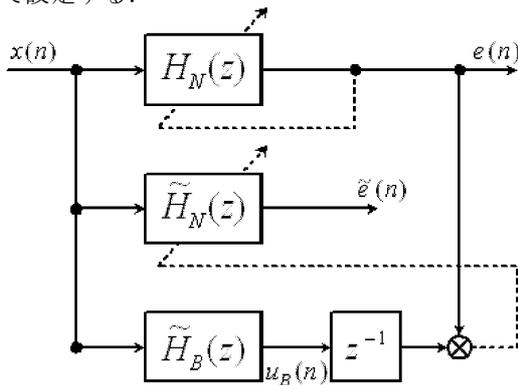


図1: パラレル構成型適応ノッチフィルタ

## 3. ステップサイズの設定条件

パラレル構成型適応ノッチフィルタが十分な収束速度と推定精度を得るために、係数更新のステップサイズの設定条件を導出する。上段ノッチフィルタが収束するための $\mu$ の条件は、式(4)の両辺からタップ係数の真値を引き、係数誤差の期待値をとることで得られ、

$$0 < \mu \leq \frac{2}{p_1^2} \{ (1-r_A)^2 \sin^2 \omega_1 \} \quad (9)$$

となる。ここで、 $p_1$ と $\omega_1$ はそれぞれ狭帯域雑音の振幅と周波数である。また、パラレル構成型適応ノッチフィルタが十分な収束速度と推定精度をもつための $\tilde{\mu}$ の設定条件は、真値近傍における式(4)、(5)の更新項の期待値を計算することで、

$$\mu < \frac{1-r_A}{1-r_B} \tilde{\mu} \quad (10)$$

であることがわかる。

## 4. DSPへの実装

前章で導出したステップサイズの設定条件に基づいて、パラレル構成型適応ノッチフィルタをTI社製DSP(TMS320C6713)に実装した。DSPに実装したパラレル構成型適応ノッチフィルタの性能を検証するために、実環境で生じる狭帯域雑音として、ハウリングを用いて雑音除去実験を行った。入力信号を図2、DSPによる出力を図3に示す。実験結果から、パラレル構成型適応ノッチフィルタは人が不快感を覚える前に、ハウリングをリアルタイムで除去できることが確認できた。

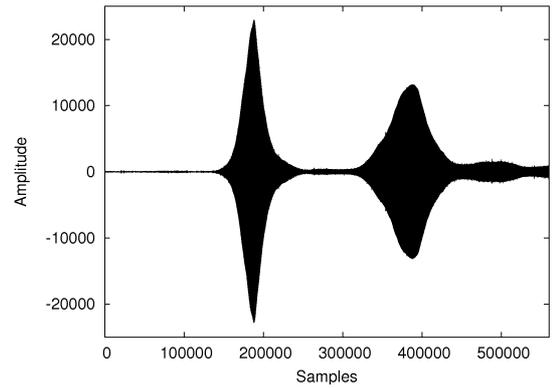


図2: ハウリング

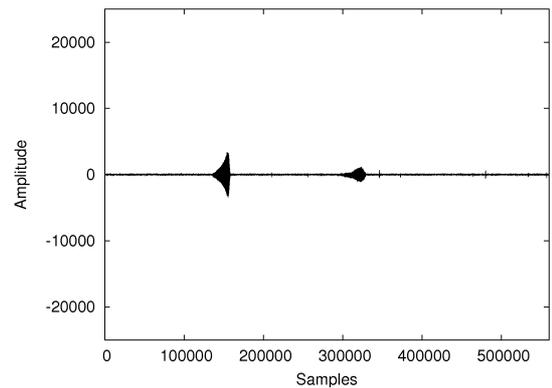


図3: DSPによる出力

## 5. まとめ

本論文では、まず、パラレル構成型適応ノッチフィルタが十分な収束速度と推定精度をもつためのステップサイズの設定条件を導出した。ついで、この条件に基づいてDSPにパラレル構成型適応ノッチフィルタを実装し、ハウリングに対する除去実験を行った。実験結果から、パラレル構成型適応ノッチフィルタがリアルタイムでハウリングを除去できることを確認した。