

1. はじめに

広帯域信号中に含まれた狭帯域雑音を除去するために、高速な収束速度を有するパラレルノッチフィルタが提案されている。しかし、その収束特性については明らかにされていない。そこで、本研究では、パラレルノッチフィルタの収束特性について解析し、パラレルノッチフィルタが狭帯域雑音を除去するように収束することを明らかにする。さらに、収束速度と推定精度の関係からステップサイズについて解析し、高速かつ高推定精度なバンドパス型パラレルノッチフィルタを提案する。

2. パラレルノッチフィルタ

図1にパラレルノッチフィルタを示す。同図における各フィルタの伝達関数は次式で与えられる。

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

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

$$H_B(z) = \frac{1}{1 + \beta(n)z^{-1} + r_B z^{-2}}$$

ここで、 $0 < r_B < r_A < 1$ である。適応係数  $\alpha(n), \tilde{\alpha}(n)$  は勾配法に基づき、次式で更新する。

$$\alpha(n+1) = \alpha(n) - \mu u(n-1)e(n) \tag{1}$$

$$\tilde{\alpha}(n+1) = \tilde{\alpha}(n) - \tilde{\mu} u_B(n-1)e(n) \tag{2}$$

ただし、 $\beta(n) = \frac{1+r_B}{1+r_A} \tilde{\alpha}(n)$  であり、 $E[e^2(n)] > E[\tilde{e}^2(n)]$  のときは、 $\alpha(n+1) = \tilde{\alpha}(n+1)$  とする。

3. 係数収束特性の解析

更新式(2)による  $\tilde{\alpha}(n)$  の係数収束特性について解析し、次式を得た。

$$E[u_B(n-1)e(n)] = E[u(n-1)e(n)]D(\alpha)$$

この  $D(\alpha)$  が、図2に示すように、ノッチ周波数が狭帯域雑音周波数  $\omega_1$  から離れているところでは1以上の値をもつため、高収束速度を実現し、 $\omega_1$  に近づくと1より小さくなるので、高推定精度を保证する。

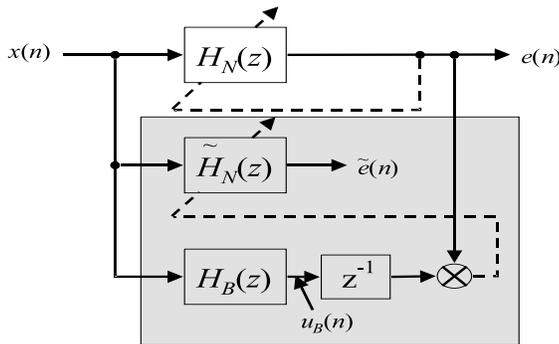


図1: パラレルノッチフィルタ構成

4. ステップサイズ  $\tilde{\mu}$  の設定条件

式(1)と式(2)の期待値をとり、最適値近傍における係数更新項を解析した。その結果、

$$\tilde{\mu} = \frac{1-r_B}{1-r_A} \mu \tag{3}$$

のとき、上段ノッチフィルタ  $H_N(z)$  と下段ノッチフィルタ  $\tilde{H}_N(z)$  は、推定精度の平均が等しくなることがわかった。そして、パラレル構成を有効にする  $\tilde{\mu}$  の条件が、次式で与えられることを明らかにした。

$$\tilde{\mu} > \frac{1-r_B}{1-r_A} \mu$$

5. バンドパス型パラレルノッチフィルタ

下段ノッチフィルタ(図1の網かけ部)をパラレル構成し、高推定精度を保证したバンドパス型パラレルノッチフィルタを提案する。更新アルゴリズムは、

$$\alpha(n+1) = \alpha(n) - \mu u_B(n-1)e(n)$$

$$\tilde{\alpha}(n+1) = \tilde{\alpha}(n) - \tilde{\mu} \tilde{u}_B(n-1)e(n)$$

とする。  $\mu$  の設定に、式(3)を用いることで、上段ノッチフィルタに従来法と同じ推定精度を保证することができ、かつ高速な収束速度が実現できる。提案法とパラレルノッチフィルタの収束特性の比較を図3に示す。なお、 $EA$  はノッチフィルタの特性の良さを示す評価関数である。結果から、提案法の有効性が確認できた。

6. まとめ

本研究では、パラレルノッチフィルタの収束特性を解析し、そのステップサイズ設定条件を明らかにした。さらに、バンドパス型パラレルノッチフィルタを提案した。

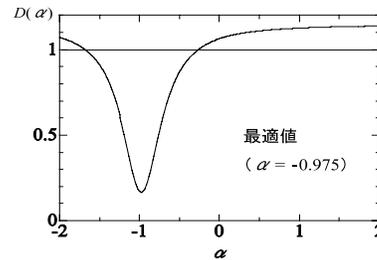


図2:  $D(\alpha)$  の特性

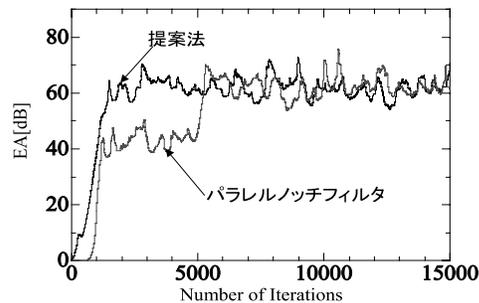


図3: 収束特性の比較