

◎中川 朗, 羽田 陽一, 牧野 昭二 (NTTヒューマンインタフェース研究所)

## 1. はじめに

音響エコーキャンセラの構成法として, 全帯域でエコーを消去するフルバンドエコーキャンセラ (フルバンドEC) と, 入力信号と送話信号を複数の帯域に分割し, 各々の帯域でエコーを消去するサブバンドエコーキャンセラ (サブバンドEC) が知られている.

フルバンドECの適応フィルタ部に対しては, 自己相関の強い音声等の信号に対して速い収束速度が得られる射影アルゴリズムが注目されている [1].

本報告では, サブバンドの持つ白色化効果と射影アルゴリズムの持つ白色化効果を組み合わせ, 音声信号入力時の収束速度のさらなる高速化を目的とし, サブバンドECの適応フィルタ部に用いる複素射影アルゴリズムを提案し, これを用いた複素射影サブバンドエコーキャンセラを検討したので報告する.

## 2. サブバンドエコーキャンセラ

図1にサブバンドECの構成図を示す. 受話入力信号およびエコー信号は複数の帯域に分割される. 各帯域では適応フィルタを用いてエコー信号を消去する. エコー消去後の信号は帯域合成され, 送話信号として出力される. ポリフェーズフィルタバンク [2] を用いて帯域分割を行った信号は複素数となり, 実数の場合に比べて適応フィルタ部の演算量が4倍かかる. 一方, 実数での帯域分割 [3] に比べ, 間引き率が2倍にできるため, サンプリング間隔が2倍に広がる上に, 適応フィルタのタップ数が1/2にできるため演算回数が1/4になる.

サブバンドECは, 信号を複数の帯域に分割するため, 各帯域の信号は白色に近い信号となる. このため, 音声信号に対し, 全帯域でエコー消去を行う場合に比べて収束速度の

\*A study on the complex projection subband echo cancellers. By Akira Nakagawa, Yoichi Haneda, Shoji Makino (NTT human Interface Laboratories)

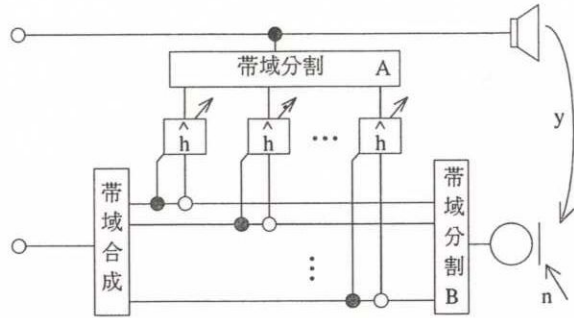


図1 サブバンドEC構成図

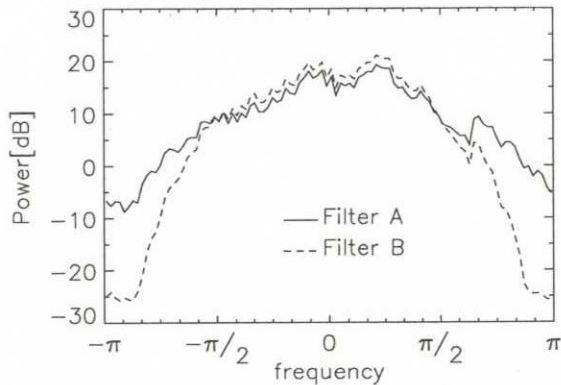


図2 帯域分割後の信号の周波数特性の例

高速化が望める [4].

しかし, 実際には帯域分割フィルタの次数を長くできず, 折り返し歪みの影響を避けるため間引き率を下げる場合が多い. その結果, 帯域分割後の信号の周波数特性は図2で示すような特性となり, 信号を帯域分割しても, 完全に白色化はできず, 収束特性の劣下を招く.

この問題は, 帯域分割時の帯域通過フィルタの特性を送話信号側では急峻 (図2破線) に, 入力信号側では緩く (図2実線) することにより改善される [5].

## 3. 複素射影アルゴリズム

上記で説明した分割フィルタの最適化を行ってもサブバンドECに対する入力信号は図2で示したように, 完全に白色化されてい

ない。このことは、帯域内の信号をさらに白色化できれば、さらなる収束速度の高速化が望めることを示している。帯域内の信号をさらに白色化するために、帯域内の適応フィルタのアルゴリズムとして、高次の複素射影アルゴリズムを用いたエコーキャンセラを検討する。以下にこれまで実数で示されていた高次の射影アルゴリズムを複素数に拡張した複素射影アルゴリズムを提案する。

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{h}}(k+1)^* &= \hat{\mathbf{h}}(k)^* + \alpha \mathbf{X}(k)^* \beta(k) \\ &= \hat{\mathbf{h}}(k)^* + \alpha [\beta_1(k) \mathbf{x}(k)^* + \beta_2(k) \mathbf{x}(k-1)^* \\ &\quad + \dots + \beta_p(k) \mathbf{x}(k-p+1)^*]\end{aligned}$$

$$\beta(k) = [\mathbf{X}(k)^T \mathbf{X}(k)^* + \delta \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{e}(k)$$

$$\begin{aligned}\mathbf{e}(k) &= [e(k) \quad (1-\alpha)e(k-1) \quad (1-\alpha)^2 e(k-2) \\ &\quad \dots (1-\alpha)^{p-1} e(k-p+1)]^T\end{aligned}$$

$$e(k) = y(k) - \hat{\mathbf{h}}(k)^H \mathbf{x}(k) + n$$

ただし、

$$\mathbf{x}(k) = [x(k) \quad x(k-1) \quad \dots \quad x(k-L+1)]^T$$

$$\hat{\mathbf{h}}(k) = [\hat{h}_1(k) \quad \hat{h}_2(k) \quad \dots \quad \hat{h}_L(k)]^T$$

\*...複素共役

H...複素共役と行列転置

T...行列転置

p...射影の次数

L...適応フィルタタップ長

である。

#### 4. シミュレーション結果

提案した複素射影サブバンドエコーキャンセラの有効性を確認するため、射影の次数を変化させた場合の収束速度の計算機シミュレーションを行った。分割数 ( $0 \sim 2\pi$ )  $N=64$ 、間引き率  $R=32$ 、全帯域での真のインパルス応答長  $L=1280$ 、各帯域の適応フィルタ長  $L=40$  とし、周囲騒音として  $S/N$  比  $40\text{dB}$  のホス雑音を加えて行った。サンプリング周波数は  $16\text{kHz}$  である。また、射影の次数  $p$  は 1 次 (複素 NLMS)、2 次、4 次、8 次、16 次である。図 3 に入力音声として男性実音声を用いた収束特性の 30 回試行平均結果を示す。

図 3 から、射影の次数 1 次 (複素 NLMS) に比べ、次数を上げていくと、収束速度が速

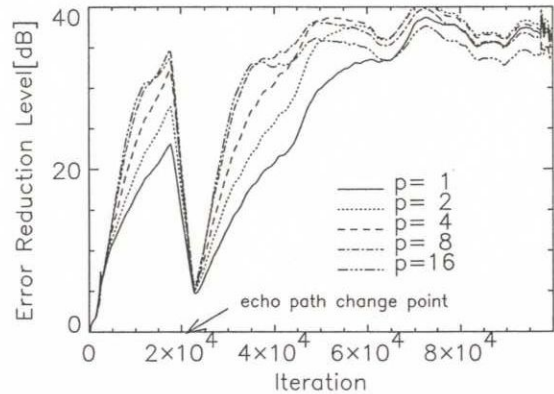


図3 計算機シミュレーション結果

くなって行くことが分かる。収束速度は 1 次に比べて、2 次の場合には、約 1.2 倍、4 次の場合には約 1.6 倍、8 次の場合には約 2.5 倍に高速化されている。また、8 次以上では収束速度が飽和することが分かった。

#### 5. おわりに

サブバンドエコーキャンセラの適応フィルタ部に複素射影アルゴリズムを導入した複素射影サブバンド EC を提案し、シミュレーションにより有効性を示した。複素射影サブバンド EC は従来の複素 NLMS を用いた場合に比べ、射影次数 8 次で約 2.5 倍の収束速度が得られた。

#### 【謝辞】

日頃御指導頂く当所北脇音声情報研究部長、小島 GL、貴重な御意見を頂いた田中研究員に感謝します。

#### 【参考文献】

- [1] 牧野, "エコーキャンセラの音声入力に対する収束速度の改善方法の比較について", 音講論集, 2-6-16, (Oct.1994)
- [2] R. E. Crochiere, L. R. Rabiner, "Multirate Digital Signal Processing", Prentice Hall, 1983
- [3] 牧野, 羽田, 中川, "エコーキャンセラ用 SSB サブバンド射影アルゴリズム", 音講論集発表予定, (Sep.1995).
- [4] Andre Gilloire, "experiments with sub-band acoustic echo cancellers for teleconferencing", ICASSP87, pp2141-2144 (1987)
- [5] 中川, 羽田, 牧野, "サブバンドエコーキャンセラのプロトタイプフィルタの検討", 信学全大, A-73, (Sep.1995).