

音声劣化を許容した一般化サイドローブキャンセラの性能向上の検討*

☆森一馬, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

適応形マイクロホンアレーは小規模で、雑音抑圧効果が大きいという利点がある。代表的な手法として、目的音を全く劣化させずに雑音を低減する一般化サイドローブキャンセラ(Generalized Sidelobe Canceller : GSC)[1]が知られている。また、目的音の劣化を許容することで大きな雑音抑圧量を得る手法として、AMNOR(Adaptive Microphone array system for NOise Reduction)[2]がある。さらに、GSCに対しても目的音の劣化を許容することで大きな雑音抑圧量を得る試みがなされており、その一つとして、SP-SDR-MWF(Spatially Pre-processed Speech Distortion Regularized Multichannel Wiener Filter)[3]が提案されている。

本稿では、AMNOR と SP-SDR-MWF の性能比較を行い、GSC の性能向上のための指針を示す。

2 適応形マイクロホンアレー

2.1 AMNOR の原理

図 1 に AMNOR の原理図を示す。AMNOR は、 M 素子のマイクロホンと、各チャンネルに接続された雑音抑圧フィルタ、フィルタ係数演算部から構成される。受信された信号 $u_i[n](i = 1, 2, \dots, M)$ は各フィルタ $h_i[n]$ を通した後、総和を取って出力を得る。

AMNOR のフィルタ係数ベクトル \mathbf{h} は次式で与えられる[2]。

$$\mathbf{h} = (\lambda^2 \mathbf{R}_S + \mathbf{R}_N)^{-1} \lambda^2 \mathbf{S}_X \quad (1)$$

ただし、 \mathbf{R}_S は事前に学習する目的音方向の受信信号(もしくは受信をシミュレートした信号)の相関行列、 \mathbf{R}_N は事前に学習する雑音の相関、 \mathbf{S}_X は \mathbf{R}_S の一つの列ベクトル、 λ は目的音の劣化量を制御するためのパラメータである。AMNOR は、拘束条件として目的音の劣化許容量を設定し、その条件下で雑音を最小化するフィルタを形成する。

2.2 SP-SDR-MWF の原理

図 2 に SP-SDR-MWF の原理図を示す。

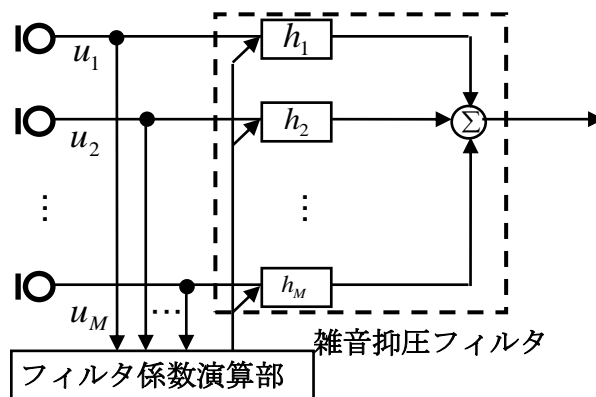


Fig. 1 AMNOR の原理図

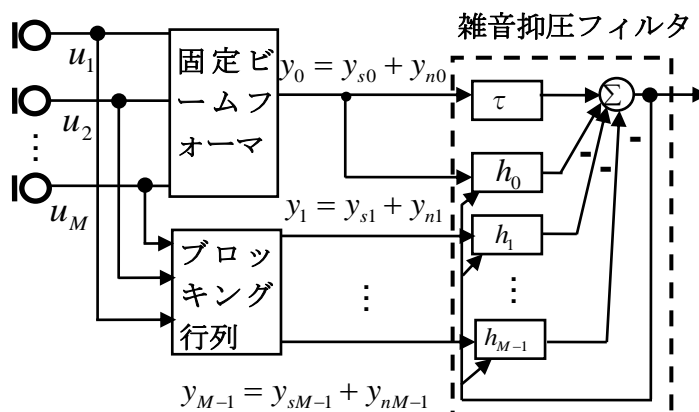


Fig. 2 SP-SDR-MWF の原理図

SP-SDR-MWF は、 M 素子のマイクロホンと、固定ビームフォーマ、目的音除去を目的としたブロッキング行列、それぞれの後段に接続された雑音抑圧フィルタから構成される。

SP-SDR-MWF のフィルタ係数ベクトル \mathbf{h} は次式で与えられる[3]。

$$\mathbf{h} = \left(\frac{1}{\mu} \mathbf{R}_S + \mathbf{R}_N \right)^{-1} \mathbf{E} \{ \mathbf{y}_{ni} \mathbf{y}_{n0} [k - \tau] \} \quad (2)$$

ただし、 \mathbf{R}_N は事前に学習する雑音ベクトル $\mathbf{y}_{ni}(i = 0, 1, \dots, M - 1)$ の相関行列である。また、 \mathbf{R}_S は目的音 $\mathbf{y}_{si}(i = 0, 1, \dots, M - 1)$ の相関行列で、実際には雑音の定常性を仮定して、受信信号の相関行列から雑音の相関行列を差引くことで推定する。 \mathbf{y}_{n0} は固定ビームフォーマの雑音出力、 μ は目的音の劣化量を制御するパラメータである。

SP-SDR-MWF は、パラメータ μ の値を変えることにより、AMNOR 同様目的音の劣化を

* A study of performance improvement of Generalized Sidelobe Canceller allowing speech degradation, by MORI, Kazuma and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

許容し、雑音抑圧効果を高めることができる。

3 AMNOR と SP-SDR-MWF の比較

3.1 各フィルタの比較

両手法の雑音抑圧フィルタの定義式(1), (2)を比較すると、類似した形となっていることがわかる。共に目的音と雑音の相関行列(R_S と R_N)の荷重和の逆行列を利用している。そして、AMNOR は出力を目的音に近づけるように、相関逆行列は目的音の相関ベクトルに乗算され、また、SP-SDR-MWF は出力を消去すべき雑音に近づけるように、相関逆行列は雑音の相関ベクトルに乗算されている。

この時、 R_S に対する荷重、 λ^2 と $1/\mu$ が目的音に対する劣化を制御するパラメータとなっている。以下、このパラメータ($\lambda^2 = 1/\mu$)の値を変化させた実験を行った。

3.2 実験条件

AMNOR と SP-SDR-MWF の性能比較を実環境で行った。実験は、残響時間 0.4 秒の室内で、アレー間隔 4 cm の 2 素子アレーを用いて行った。目的音はアレーに垂直方向 50 cm、雑音(1 個)は 90° 方向 50cm の位置から各独立な白色雑音を到来させた。

実験は、目的音の劣化がない場合 ($\lambda^2 = 1/\mu = 10^{10}$) と、目的音の劣化が小さい場合 ($\lambda^2 = 1/\mu = 10^2$)、大きい場合 ($\lambda^2 = 1/\mu = 10^{-0.4}$) の三つの場合について行った。

3.3 実験結果

図 3 は、AMNOR と SP-SDR-MWF のそれぞれの条件の場合の実験結果である。各図において、青線は目的音に対する応答、赤線は雑音に対する応答を表している。図より、目的音の劣化がない場合(a)(b)において、両者の雑音抑圧性能はほぼ同一となった。一方、目的音の劣化が小さい場合(c)(d)には両者の差は見られたが、目的音の劣化が大きい場合(e)(f)には類似の結果が得られた。

4 むすび

本稿では、AMNOR と SP-SDR-MWF を実環境で性能比較した。両者の雑音抑圧性能は、同程度の目的音劣化量であればほぼ同等となっていることがわかった。このことより、音声劣化を許容した GSC の性能向上を考えるにあたって、AMNOR の目的音劣化量と雑音抑圧性能は一つの目的指標を与えるものと考えられる。

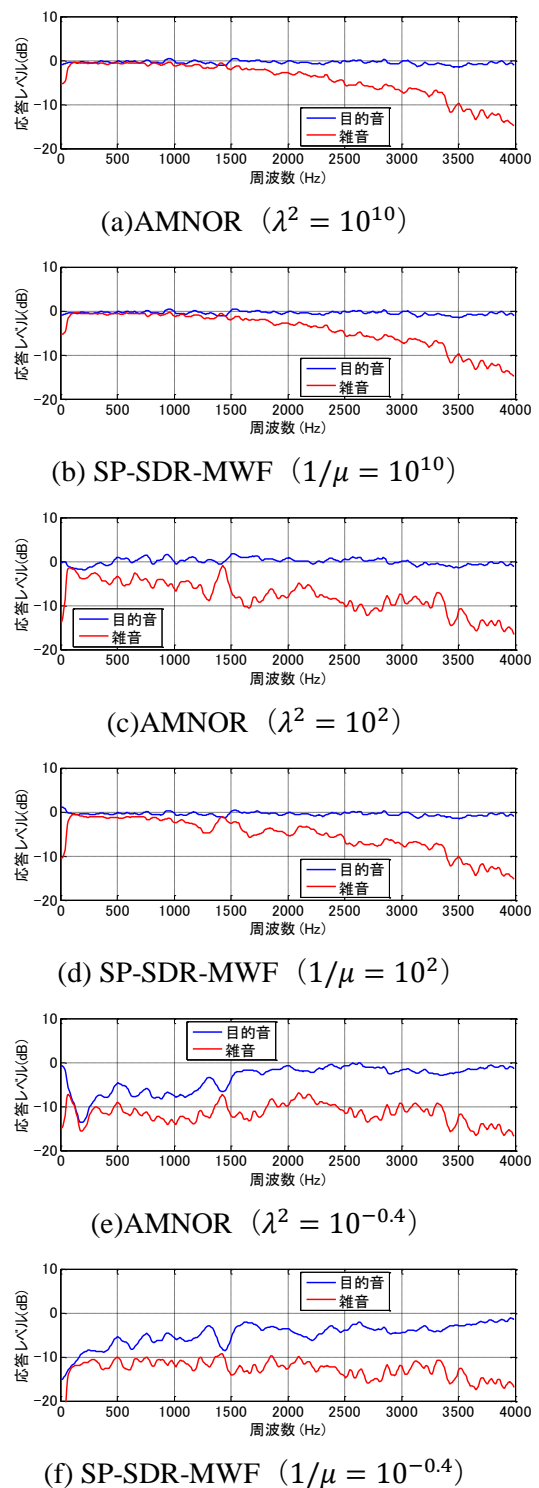


Fig. 3 AMNOR と SP-SDR-MWF の周波数応答

謝辞

本研究に対して、御助言を頂いた日立製作所中央研究所の戸上真人さんに感謝いたします。

参考文献

- [1] L.J. Griffiths, C.W. Jim, IEEE Trans. AP, AP-30, 1, 27-34, 1982.
- [2] 一之瀬, 片岡, NTT R&D, 38, 10, 1153-1162, 1989.
- [3] A. Spriet *et. al.*, Signal Processing, 84, 12, 2367-2387, December 2004.