

適応形マイクロホンアレーの性能劣化要因の検討*

☆森一馬, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

マイクロホンで音声などを受音しようとする、その場所に存在する不要な音まで受音してしまう。このような問題を解決する技術として適応形マイクロホンアレーは小規模で、雑音抑圧効果も大きいなど多くのメリットがある。

代表的な適応形マイクロホンアレーとして、目的音を全く劣化させずに雑音を抑圧する一般化サイドローブキャンセラ (Generalized Sidelobe Canceller : GSC)[1]がある。また、多少の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、適応形雑音抑圧マイクロホンアレー (AMNOR : Adaptive Microphone array system for NOise Reduction) [2]がある。本報告では、GSC の性能劣化要因の検討結果を報告する。

2 GSC の原理

図 1 に GSC の原理図を示す。GSC は M 素子のマイクロホンと、目的音除去部(ブロッキング部)、雑音抑圧フィルタ、フィルタ係数演算部から構成される。GSC において、各マイク出力 $u_1 \sim u_M$ に含まれる目的音は同振幅、同位相であると仮定される(例えば図 1 の左方向から到来する場合など)。すると各マイク出力を減算する目的音除去部の出力 $u_{i+1} (i=1,2,\dots)$ は雑音のみを含んだ信号となる。

この雑音信号をフィルタ h に通して、目的音と雑音が含まれている $u_1 (u_1 \sim u_M$ の遅延和信号を利用する場合も多い) から引くことにより、目的音は劣化せず雑音を抑圧するような出力が得られる。

減算結果に含まれる雑音成分を最小化する GSC のフィルタ係数 h は次式で求められる。

$$h = R_N^{-1} \overline{nn_1} \quad (1)$$

R_N は u_{i+1} の相関行列、 n は u_{i+1} よりなるベクトルである。

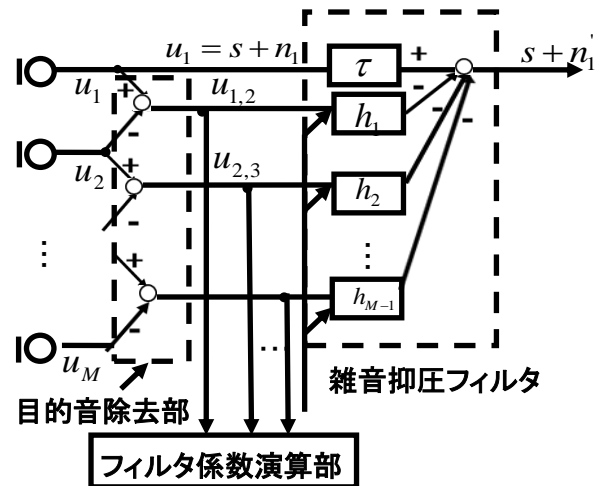


Fig. 1 GSC の原理図

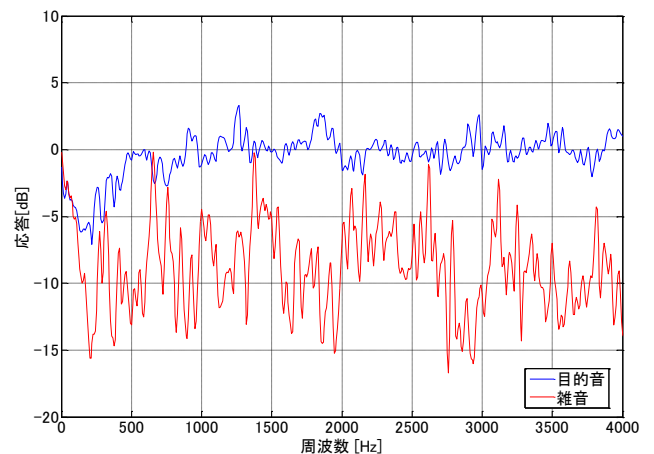


Fig. 2 実環境における GSC の効果：目的音 (青)および雑音(赤)に対する応答特性

3 実環境における GSC

実環境においては、各マイクロホン間での特性のバラつきや反射音などの外的要因により目的音の除去が不良となる。その結果、 u_{i+1} に目的音が漏れ出し、 u_1 に含まれる目的音成分が減算によって劣化してしまう問題がある[3]。

図 2 は、実環境における GSC の実験結果である。実験は残響時間 0.4 秒の室内で 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 50cm、雑音(1 個)は 90° 方向から到来させた。図の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す。図より、雑音

* A study of performance degradation of Adaptive Microphone Array, by MORI, Kazuma and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

は 8dB 程度抑圧されているが、目的音の応答が 500Hz 以下で劣化している。

4 目的音成分を整合させた GSC

目的音の除去を十分に行うため、目的音のみの受音を行い、図 3 の $u_{i,i+1}$ が最小となる (= u_i と u_{i+1} の波形が整合する) ような整合フィルタ g_i 、 g_{i+1} を求めた。この整合フィルタを用いた実験結果を図 4 に示す。図より目的音の応答は平坦となり、劣化は改善されたが、雑音の抑圧量は 3dB 程度に低減されたことがわかる。

5 実環境の GSC と AMNOR

AMNOR の理論[2]によれば、線形アレー処理において、雑音を大きく抑圧しようとするとき目的音が劣化し、また目的音の劣化を少なくすると雑音あまり抑圧できないというトレードオフ関係が存在する。

図 5 にトレードオフ関係のモデル図を示す。図の青線は目的音の劣化量、赤線は雑音の抑圧量を表す。GSC は理論的には目的音劣化量が最小の A に対応する雑音抑圧量となる。

しかし、実環境では図 2 に示すように目的音の劣化が生じ、その結果として大きな雑音抑圧量を得た(図 5C に対応)。この時、目的音の劣化を小さくすると、図 4 のように雑音抑圧量が低減した。しかし、図 4 からわかるように、目的音の劣化は最小となっておらず、これは図 5B に対応する。

以上のことより、実環境における GSC は、結果的に AMNOR と同様の動作、すなわち目的音の劣化量と雑音の抑圧量との間にトレードオフ関係を有することが分かった。このことから、目的音の劣化を必要以上に低減することは、雑音抑圧量低下が生じる場合があり、不適当と考えられる。

6 おわりに

実環境における GSC の性能劣化について検討した。その結果、GSC も AMNOR と同様に目的音劣化量と雑音抑圧量のトレードオフ関係を有することが分かった。

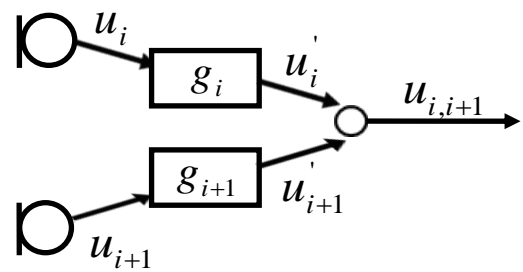


Fig. 3 整合フィルタを加えた目的音除去部

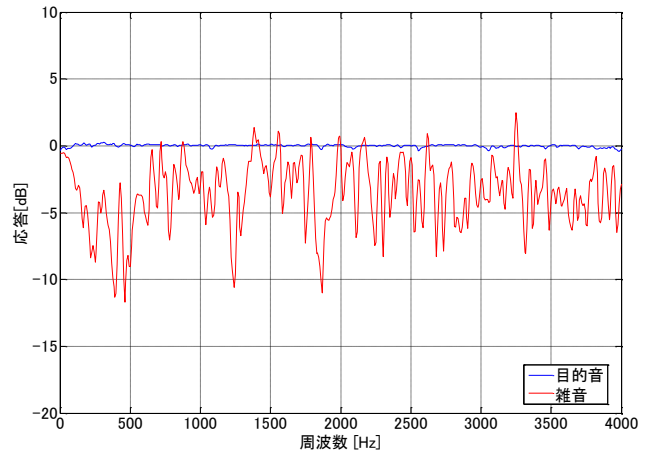


Fig. 4 整合フィルタを用いた GSC の効果：目的音(青)および雑音(赤)に対する応答特性

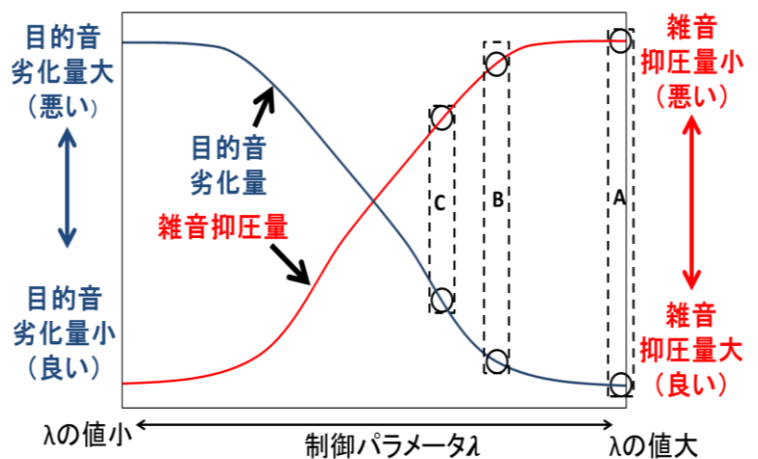


Fig. 5 線形アレー処理のトレードオフと GSC との関係

参考文献

- [1] L.J. Griffiths and C.W. Jim, IEEE Trans. AP, AP-30, 1, 27-34, 1982.
- [2] Y.Kaneda, J. Ohga, IEEE Trans. ASSP, ASSP-34, 6, 1391-1400, 1986.
- [3] M.Brandstein, D.Ward (Eds.), Microphone Arrays, pp88-90, Springer-Verlag, 2001.