

適応形雑音抑圧マイクロホンアレーのサブバンド化の検討*

☆大泉裕磨, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

マイクロホンには音声を受音する際に周囲の雑音も受音してしまう問題があるが、これを解決する技術として適応形雑音抑圧マイクロホンアレー(AMNOR: Adaptive Microphone array for NOise Reduction)[1]が提案されている。この手法は目的とする音の劣化を設定した値(劣化許容量)まで許すことで、雑音を大きく抑圧することができる。だが劣化許容量は全帯域における劣化量の平均であり、帯域ごとに設定することができない。

そこで本研究ではこの問題解決のために周波数ごとに処理(サブバンド処理)を行うことで各帯域の劣化許容量を設定するサブバンド AMNOR を提案し、その性能の調査を行う。

2 AMNOR の原理

Fig. 1 に従来法である AMNOR の構成図を示す。AMNOR は M 個のマイクロホンからなるマイクロホンアレーと、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。マイクロホンで受音した信号 u_i ($i = 1, 2, \dots, M$) は各フィルタ h_i を通した後、総和をとって出力を得る。

AMNOR は設定された劣化許容量を満たすという条件下で雑音を最小化するフィルタを形成し、そのフィルタは雑音の方向に指向性の死角を向け、目的音の方向に指向性を向けるようなフィルタとなる。フィルタ係数 h と劣化量 D は次式で求められる。

$$h = (\lambda^2 R_S + R_N)^{-1} \lambda^2 S_X$$

$$D = \frac{P_S - 2h^T S_X + h^T R_S h}{P_S}$$

ただし、 R_N は雑音の相関行列、 R_S は目的音の到来方向を表す仮想目的信号の相関行列、 S_X は R_S の 1 つの列ベクトル、 P_S は仮想目的音 1 チャンネル当たりのパワー、 λ は目的音の劣化量を制御するパラメータである。

3 サブバンド AMNOR の原理

Fig. 2 に提案するサブバンド AMNOR の構成図を示す。サブバンド AMNOR は各マイクロホンで受音した時間信号を短時間フーリエ変換(STFT)することで時間周波数信号に変換し、各周波数帯域ごとに雑音抑圧フィルタ $H_i(\omega)$ (ただし ω は離散周波数) を形成する。このフィルタを通した後、総和をとり逆 STFT により時間信号に戻して出力を得る。

このように各周波数帯域ごとにフィルタを形成することで各帯域の劣化許容量が設定できる。サブバンド AMNOR のフィルタ係数ベクトル $H(\omega) = [H_1(\omega), H_2(\omega), \dots, H_M(\omega)]^T$ (T: 転置) と劣化量 D は次式で求められる。

$$H(\omega) = (\lambda^2 R_S(\omega) + R_N(\omega))^{-1} \lambda^2 S_X$$

$$D = \frac{P_S(\omega) - 2H^H(\omega) S_X + H^H(\omega) R_S(\omega) H(\omega)}{P_S(\omega)}$$

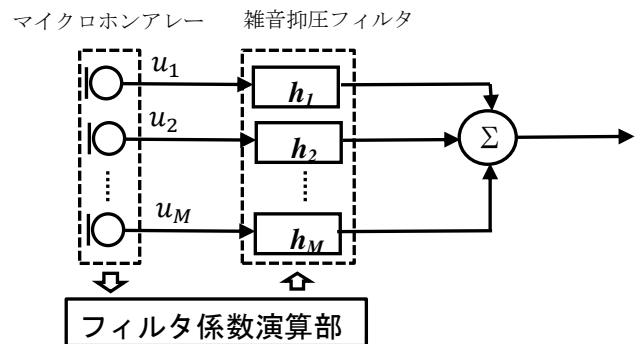


Fig. 1 AMNOR の構成図

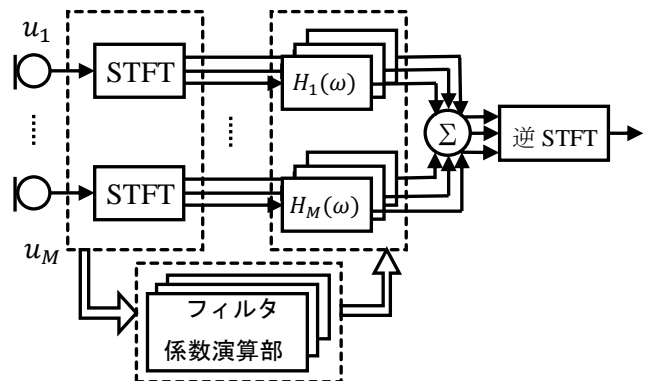


Fig. 2 サブバンド AMNOR の構成図

* A study of Adaptive Microphone array for Noise Reduction in subband, by OIZUMI, Yuma and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University)

Table 1 実験条件

| | | |
|----------------|---------------|---------------|
| 共通 | 目的音(白色雑音) | アレー正面 50 cm |
| | 雑音(白色雑音) | アレー90度 50 cm |
| | アレー | 3マイク 2cm 間隔 |
| | サンプリング 周波数 | 8000 Hz |
| | 室寸法 | 9.1×3.5×2.8 m |
| | 残響時間 | 0.4 秒 |
| | AMNOR | フィルタ次数 |
| | 劣化許容量 | 0.3 |
| サブバンド AMNOR | STFT の窓長 | 128 |
| | 劣化許容量 | 各帯域で 0.3 |

4 比較実験

実環境において従来型 AMNOR とサブバンド AMNOR の比較実験を行った。実験条件を Table 1 に示す。

4.1 実験結果

Fig. 3,4 に従来型 AMNOR およびサブバンド AMNOR の目的音と雑音に対する応答を示す。

Fig. 3 より、従来型 AMNOR では雑音が全帯域で -10~-15dB 程度に抑圧されているが、目的音は低域に近づくほど劣化しており、また帯域ごとの変動も大きい。

一方 Fig. 4 より、サブバンド AMNOR では雑音の抑圧量は低域ほど小さくなっているが、目的音の応答はほぼ平坦となっている。これは各帯域で劣化許容量を同一値に設定したことによるものである。

ここでこの 2 つの結果を比較するために Fig. 3 の結果を目的音の応答で正規化したものを Fig. 5 に示した。Fig. 4 と Fig. 5 を比較すると目的音と雑音の関係(帯域ごとの SN 比)がほぼ同じになっていることがわかる。このことから、サブバンド AMNOR は従来型 AMNOR の結果に対して、目的音の劣化を補正するフィルタ処理を加えたものと同等の効果を持つものといえる。

4.2 処理時間の比較

従来型 AMNOR とサブバンド AMNOR の処理時間(データを入力してからフィルタが作成されるまでの時間)を比較した。その結果、従来型 AMNOR が 13 秒であるのに対し、サブバンド AMNOR が 0.65 秒となり、約 1/20 に短縮されることがわかった。

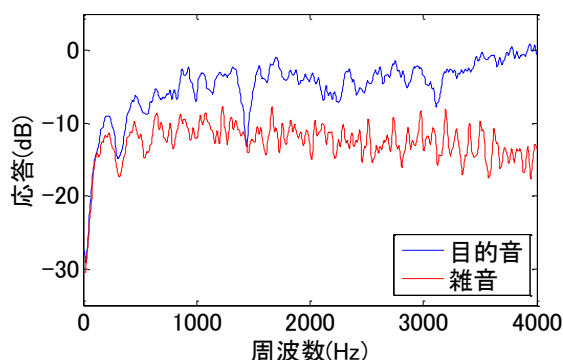


Fig. 3 従来型 AMNOR の結果

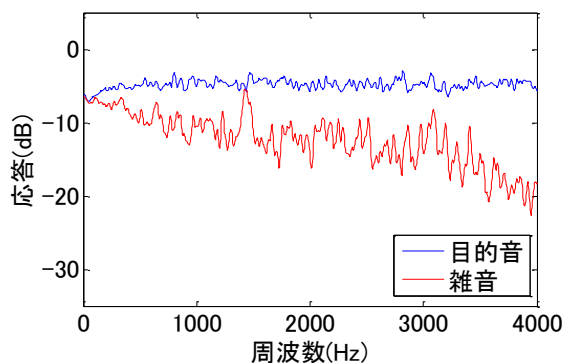


Fig. 4 サブバンド AMNOR の結果

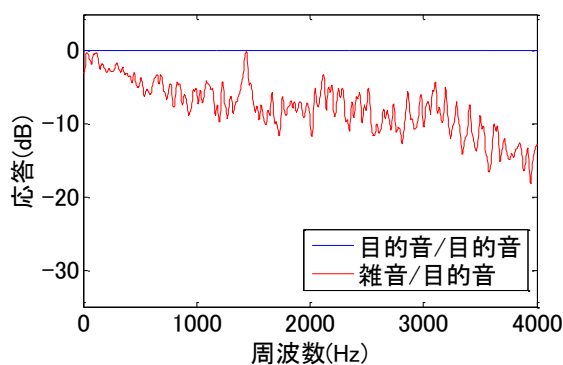


Fig. 5 Fig. 3 を目的音で正規化した結果

5 むすび

サブバンド処理を行い、各帯域の劣化許容量を設定できるサブバンド AMNOR を提案した。そして、劣化許容量を同一値にしたサブバンド AMNOR の処理効果が従来型 AMNOR の処理に目的音劣化の補正を加えたものと同等になることがわかった。またサブバンドで処理することで AMNOR の処理時間が大幅に減少することを確認した。

参考文献

[1]金田 豊: 適応形雑音抑圧マイクロホンアレー(AMNOR)の指向特性, 音響学会誌, 44, 1, pp.23-30 (1988.1).