

## AMNORにおける信号の許容劣化量と 雑音抑圧量の関係について\*

◎酒田卓弥, 金田豊 (東京電機大・工)

### 1 はじめに

近年, 高い受信性能を持つ装置として, マイクホンアレーが注目されている. 適応形ビームフォーマーの1つである AMNOR[1]は, 目的音の劣化を許容することでより大きな雑音抑圧量を実現するシステムである. AMNOR における目的音の劣化量と出力される雑音パワーはトレードオフの関係にある. しかしこの関係は単純ではないため, 許容する劣化量に対する雑音抑圧量の関係が不明であった. そこで本稿では, トレードオフ関係に注目し, 2ch の AMNOR の実測を行い, 劣化量と出力雑音パワーの関係について再検討を行った.

### 2 AMNOR

AMNOR のブロック図を図1に示す. AMNOR では,  $M$  素子のマイクロホンアレーで受信した信号  $u$  を,  $M$  入力 1 出力の FIR フィルタ  $h$  を通すことで出力信号を合成する.

ここで,  $H_T(f)$  を目的信号に対する AMNOR の周波数レスポンスとすると, 目的信号の劣化量  $D$  は次式で表すことができる.

$$D = \int |1 - H_T(f)|^2 df \quad (1)$$

$D$  は理想的な平坦特性 1 と実際の周波数レスポンス  $H_T(f)$  との 2 乗偏差の大きさを表しており, レスポンス劣化量と呼ぶ.

次に雑音の受信信号を  $u_N$  と表し,  $u_N * h$  を  $u_N$  に対するフィルタ処理出力であるとする. このとき, 出力に含まれる雑音パワー  $P_N$  は, 次式で表される.

$$P_N = |u_N * h|^2 \quad (2)$$

### 3 フィルタ係数

AMNOR では, 事前学習またはシミュレーションで仮想目的信号の受信信号  $u_S$  を求め, また, 雑音のみの受信信号  $u_N$  も観測できると仮定する. そして,  $u_S$  の相関行列  $R_S$ ,  $u_N$  の相関行列

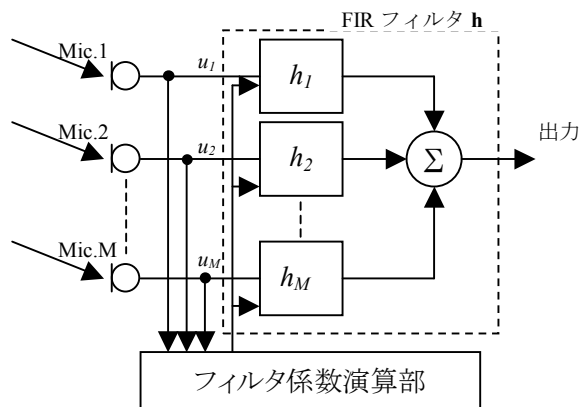


図1 AMNOR の構成

$R_N$  を作成する. このとき, フィルタ係数は,  $\lambda$  をパラメータとして

$$h(\lambda) = (R_N + \lambda^2 R_S)^{-1} \lambda^2 S_X \quad (3)$$

と求められる. ただし,  $S_X$  は  $R_S$  の 1 つの列ベクトルである.

この  $\lambda$  が十分大きいと, 式(3)のカッコ内は  $R_N + \lambda^2 R_S \cong \lambda^2 R_S$  となり, フィルタ係数  $h(\lambda)$  は, 雑音の特性によらず仮想目的信号を保存するため, 雑音の低減量は小さい. よって  $D$  は小さいが,  $P_N$  は大きい特性を持つ. 一方, この  $\lambda$  が十分小さいと式(3)のカッコ内は,  $R_N + \lambda^2 R_S \cong R_N$  となり, フィルタ係数  $h(\lambda)$  は, 雑音を低減するが, 仮想目的信号の保存は考慮されないものとなる. よって  $P_N$  は小さいが,  $D$  は大きい特性を持つ.

このようにパラメータ  $\lambda$  を変化させてフィルタを求めると  $D$ ,  $P_N$  のトレードオフ関係を制御することができる.

### 4 実験によるトレードオフ関係の検討

図2に示すように目的信号源, 雑音源, 2つのマイクロホン (1cm 間隔) を配置し, 無響室での実測を行った. 雑音は白色雑音とした. パラメータ  $\lambda$  を  $10^{-5} \sim 10^5$  の範囲で変化させて式(3)に従ってフィルタ係数を算出し, その時の, 目的信号劣化量  $D$ , 雑音抑圧量  $P_N$  (受信レベ

\* On the relationship between the degradation of desired signal and noise reduction in AMNOR, by SAKATA, Takuya and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

ルを 0dB とする), 及び  $P_N$  と目的信号パワーとの比  $P_{NS}$  を求めた. 図 3 に  $\lambda$  の値を横軸として  $D$  (青線: 左軸),  $P_N$  (緑線: 右軸),  $P_{NS}$  (赤線: 右軸) の値の変化を表示した.

図より  $\lambda$  が十分に大きい  $10^{2.5}$  までの範囲では,  $D$ ,  $P_N$  とも変化は無いが,  $\lambda$  を  $10^{2.5}$  より小さくしていくと, 目的信号劣化量  $D$  が増加し, その反面, 雑音抑圧量  $P_N$  が小さくなるトレードオフ関係が観察される.  $D$ ,  $P_N$  ともに  $\lambda$  が減少すれば増加, 減少するという関係が確認されたが, その増加・減少の曲線はいくつかの変曲点をもった複雑な増加・減少曲線であることがわかった.

また  $\lambda$  が十分に小さくなった場合 ( $10^{-2}$  以下) には,  $P_{NS}$  が一定になっていることがわかる. これは雑音の減少に伴って, 同じ比率で目的信号も減少していることを表し, 単純なフィルタゲインの低下が行われていることを示している. そしてこの時の  $P_{NS}$  の値 (約 -25dB) は SN 比改善量の限界値を表している.

次に図 4, 5 に, 目的信号劣化量が  $D = 10^{-7}$  (測定・演算誤差などを含めた  $D$  の最小値) および  $D = 10^{-3}$  の場合の, 目的信号に対する周波数特性 (青線), 雑音に対する周波数特性 (赤線) を示した. 図 4 より目的信号劣化量  $D$  が十分に小さい場合には雑音の低減量は僅かである. しかし, 図 5 に示すように  $D = 10^{-3}$  と目的信号に若干の劣化を許容することで, 周波数によって -15dB ~ -20dB の雑音低減量を得ることが出来, 目的信号の劣化を許容することの有効性が確認された.

## 5 おわりに

AMNOR における目的信号劣化量  $D$  と雑音抑圧量  $P_N$  によるトレードオフ関係を検討し, 特性の制御パラメータ  $\lambda$  の値が減少すると  $D$ ,  $P_N$  が増加, 減少すること, その曲線はいくつかの変曲点を持つ複雑な曲線であることが確認できた. また,  $\lambda$  が減少していくと  $P_{NS}$  が改善しなくなることからトレードオフ関係の限界を確認した. 今後は, 曲線の変化と物理現象の検討をしていく.

### 参考文献

- [1] 金田, 大賀, 信学技報 EA83-3, (1983.4).

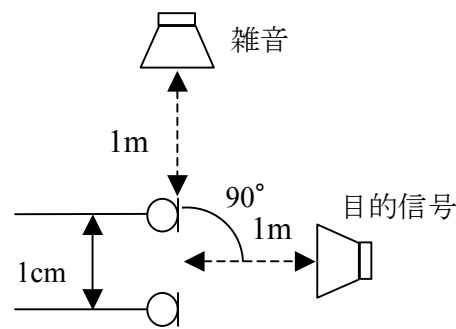


図 2 実験環境

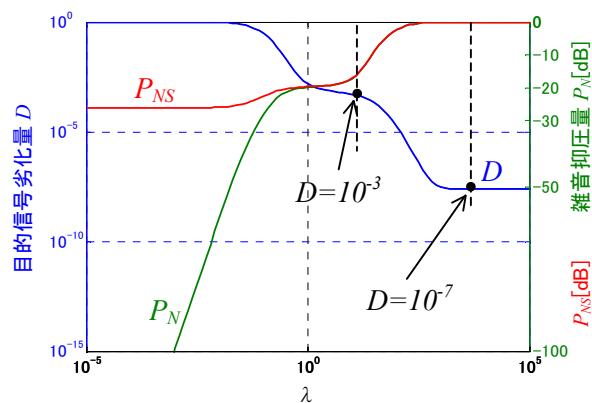


図 3  $D$  と  $P_N$  と  $P_{NS}$  のトレードオフ関係

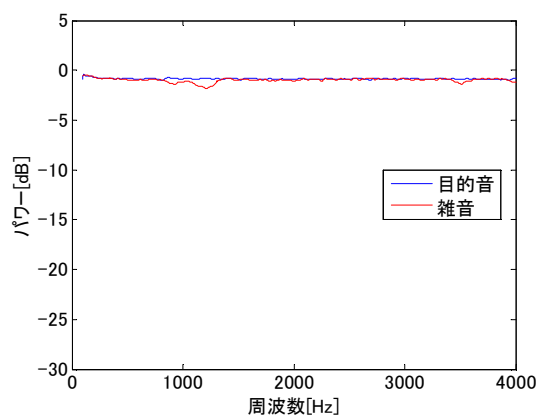


図 4 周波数応答 ( $D = 10^{-7}$ )

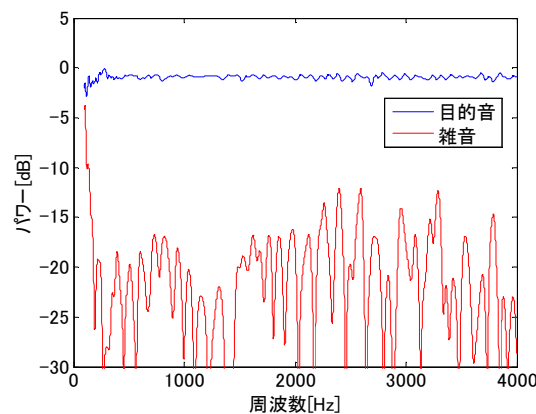


図 5 周波数応答 ( $D = 10^{-3}$ )