

# 適応フィルタによるトランスオーラルシステム構築

大友 景太郎<sup>†</sup>      松本 直樹<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 明治大学大学院理工学研究科

## 1. はじめに

最近、VR 関連の商品やサービスにより、バーチャルに対する期待が高まっているが、バーチャルサラウンドは課題が多くいまだ普及には至っていない。本稿では、適応フィルタによるトランスオーラルシステムの構築を目指すのに際し、どの適応アルゴリズムがふさわしいか検討する。

## 2. トランスオーラルシステム

トランスオーラルシステムとは、右信号から左耳、左信号から右耳に入るクロストーク成分を打ち消すことで構築できる、バーチャルサラウンドシステムである。バーチャルサラウンドは左右の耳にそれぞれの音を提示することで音源の位置を錯覚させるが、クロストークキャンセルフィルタによりこれを実現する。

## 3. 解析方法

適応アルゴリズムの性能を検討するのに、今回はシステム同定を行った。システム同定のブロック線図を図 1 に示した。

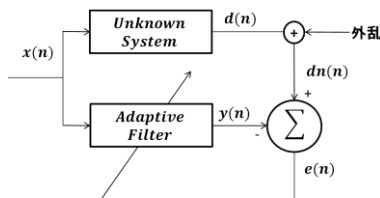


図1. システム同定のブロック線図

なお、 $x(n), y(n), d(n), dn(n), e(n)$ はそれぞれ入力、フィルタ出力、所望信号、観測信号、誤差である。

## 4. シミュレーション

- ・入力信号：白色雑音、有色信号（サンプリング周波数 44.1kHz、50 万サンプル）
- ・未知システム：HRTF（サンプリング周波数 44.1kHz、512 サンプル）※左耳における方位角 330° と 20°
- ・外乱：SNR {10dB, 20dB, 30dB, 40dB} の白色雑音
- ・アルゴリズム：NLMS アルゴリズム（式(1)～式(5)）

$$\mathbf{W}_n = [w_n(0), w_n(1), \dots, w_n(M)]^T \dots (1)$$

$$y(n) = \mathbf{W}_n^T \mathbf{X}_n \dots (2) \quad e(n) = dn(n) - y(n) \dots (3)$$

$$\mathbf{W}_{n+1} = \mathbf{W}_n + \mu e(n) \mathbf{X}_n \dots (4) \quad \mu = \frac{\alpha}{\|\mathbf{X}_n\|^2 + \beta} \dots (5)$$

式(1)は適応フィルタの係数ベクトル、式(2)は適応フィルタ出力、式(3)は誤差、式(4)は更新式、式(5)は式(4)におけるステップサイズで、 $\alpha = 1.0, \beta = 0.001$ とした。また収束の様子を式(6)で示した。なお $\mathbf{h}$ は未知システムとする。

$$E = 10 \log_{10} \frac{(\mathbf{h}-\mathbf{w})^T (\mathbf{h}-\mathbf{w})}{\mathbf{h}^T \mathbf{h}} \dots (6)$$

## 5. シミュレーション結果

入力が白色雑音の時の結果を図 2、有色信号の時の結果を図 3 に示した。なおどちらも、未知システムの変化を 25 万サンプル(入力の半分)の更新時に行ったものとした。有色信号にはブームス作「ホルン三重奏曲 変ホ長調 op.40 第 2 楽章」の冒頭を用いた。

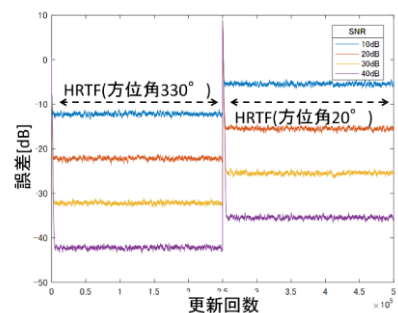


図 2. 白色雑音入力時の NLMS 収束特性

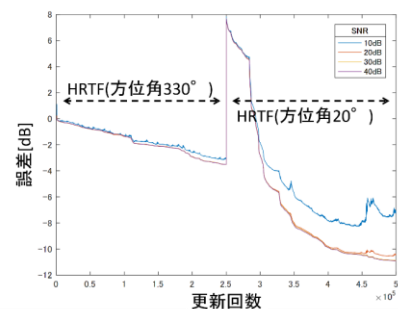


図 3. 有色信号入力時の NLMS 収束特性

## 6. まとめ

シミュレーション結果より、白色雑音を入力として用いた時のほうが、収束率、収束速度とも高くなる事が分かる。実環境での入力基本的には有色信号となるため、有色信号における高い収束率と収束速度が要求される。今後は、実環境での検討および、有色信号に対して有効な適応アルゴリズムの検討が必要である。

## 参考文献

[1] 池原雅章, 島村徹也”MATLAB マルチメディア信号処理 上 デジタル信号処理の基礎”培風館, pp182-210, 2004  
 [2] 伊東直紀”適応フィルタによるフィルタ設計”明治大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士論文, 1994  
 [3] 藤井健作, 棟安実治”再考・適応アルゴリズム”電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ Fundamental Review Vol.8 No.4, pp.292-313, 2015