

適応ハウリング・キャンセラの特異な性質

適応信号処理・適応アルゴリズムの専門家、特にエコーキャンセラの専門家の方は、残響のある部屋で適応フィルタを用いた実用レベルの性能のハウリングキャンセラを実現できるなど信じがたいと思われるかもしれませんが、そのような疑義をお持ちの方には、以下の事実を指摘したいと思います。

1. エコーキャンセラは20dB~30dB、場合によっては40dBというエコー抑圧量が必要とされるが、ハウリングキャンセラはただか6dB~10dB程度の過剰ゲインに対処出来れば良い。

エコーキャンセラは $|H(z)-W(z)|=0$ となることを求められているが、ハウリングキャンセラは $|H(z)-W(z)|<1$ を満たしさえすればハウリング抑圧ができるし、完全にフィードバック音成分を除去出来ずにエコーが残っても実用上の問題は無い。($H(z)$: 音響系の伝達特性、 $W(z)$: 適応フィルタの伝達特性) 部屋の残響よりも遅延が短いので、聴感的にはエコーではなく音量が上がったように感じられ、見かけの拡声利得が増大するので実用上はプラスの効果になる。

2. 適応フィルタを用いたハウリングキャンセラは、従来のエコーキャンセラとは根本的に異なる特性を有している。エコーキャンセラで常識と考えられていたことは、必ずしもハウリングキャンセラにはあてはまらない。

ハウリングキャンセラの特異な性質の一例をあげると、(原理的には) 音響系の利得が大きいほど適応フィルタの収束特性が向上する。適応ハウリングキャンセラのループを切り開いた図1のオープンループ・モデルにおいて、音声信号 s は加法性雑音として適応システムに入力される。したがって音響系 $H(z)$ の利得が大きいほど、 $H(z)$ の出力信号 d に対して加法性雑音 s の信号レベルは小さくなり、収束特性が向上する。

(もちろん実時間動作するハウリングキャンセラでは $H(z)$ の揺らぎの影響などがあるために、利得が大きいほど適応フィルタの収束特性が向上するわけではない)

3. ハウリングキャンセラの安定性向上・収束特性向上のために、時変処理や入力信号に変調がかかるような処理を併用せざるをえないが、これらの付加的処理にもハウリング抑圧の効果がある。適応フィルタと時変・変調処理の相乗効果によってハウリング抑圧性能は向上する。

4. 当社が販売しているハウリングキャンセラ実験キット/実験ソフトを用い、複数の大学研究室・研究機関で基本動作に問題が無い・ハウリング抑圧が可能であることを追試済みである。

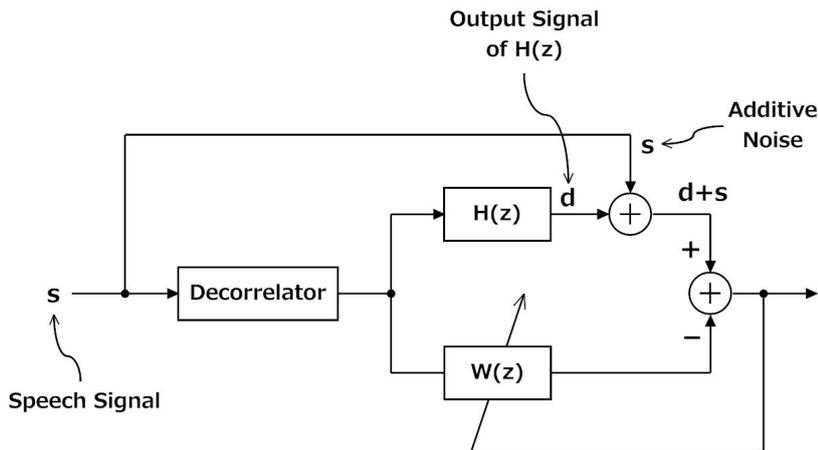


図1 ハウリングキャンセラのオープンループ・モデル

$H(z)$: 音響系の伝達特性 $W(z)$: 適応フィルタの伝達特性

2. の事実はシミュレーションによって容易に確認できます。 図3に示すとうり、音響系 $H(z)$ の利得が大きい方ほどハウリングキャンセラの適応フィルタの収束特性は向上します。

シミュレーション・プログラムは下記URLよりダウンロード可能です。 フリーのシミュレーション・ソフト Scilab用のプログラムです。 Windows用のScilab5.5.2で動作確認をおこなっています。 Scilabはいわゆる MATLABクローンとしても知られている処理系なので、MATLABへのプログラム移植も容易です。

Scilabシミュレーションプログラム1 http://www.cepstrum.co.jp/new_release/sim6db.sce

Scilabシミュレーションプログラム2 http://www.cepstrum.co.jp/new_release/sim60db.sce

Scilabホームページ <http://www.scilab.org/>

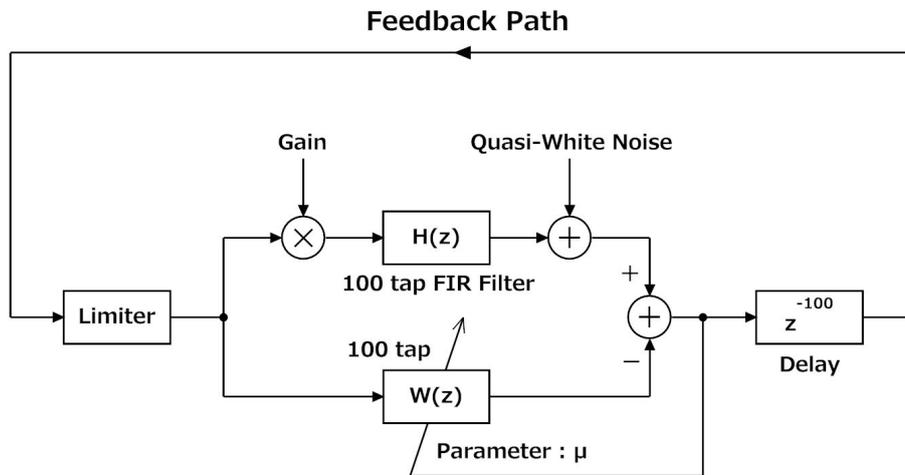


図2 シミュレーション・モデル

音響系の信号経路の利得Gainと適応フィルタのステップサイズパラメータ μ のみを変化させてシミュレーションをおこなった。

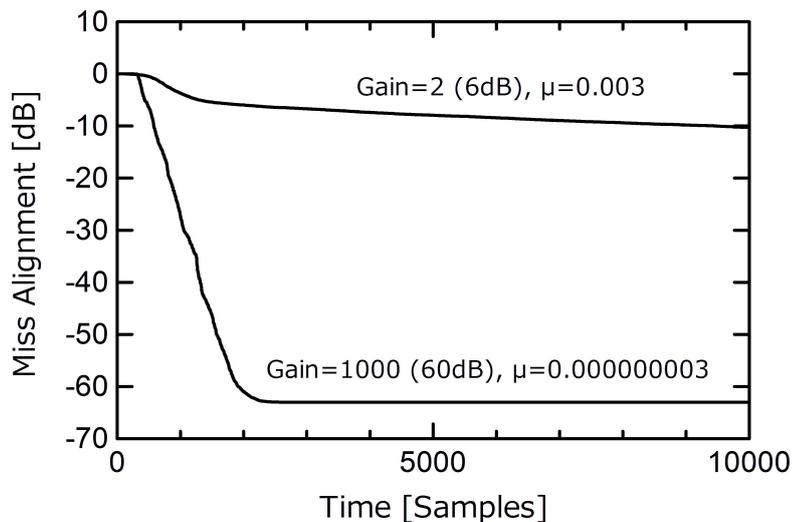


図3 シミュレーション結果

利得2倍（6dB）よりも、1000倍（60dB）の方が収束特性が良い。