

国内外に多数の適応ハウリング・キャンセラの論文がありますが、それらの多くは誤ったブロック・ダイアグラムを用いています。その誤りについて簡単に説明します。

1. 離散時間システムと連続時間システムの混同

適応ハウリング・キャンセラの論文の多くに図1のようなブロック・ダイアグラムが掲載されています。図1のブロック・ダイアグラムの描き方には、間違いとまでは言えないものの著しく配慮を欠いている点があります。それは連続時間システム（アナログ系）と離散時間システム（デジタル系）をきちんと区別せずゴッチャに描いていることです。

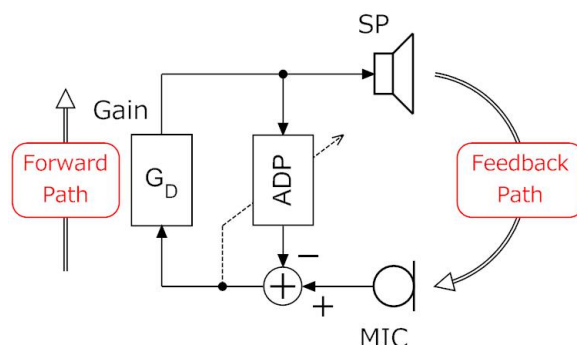


図1 多くの論文に見られる適応ハウリング・キャンセラのブロック・ダイアグラム
連続時間システムと離散時間システムを区別せずにゴッチャに描いている
ADPは適応フィルタ (Adaptive Filter)

連続時間システムと離散時間システムの構成要素を区別して描いたブロック・ダイアグラムは図2のようになります。図2と図1を比較すると、図1には現実に存在するはずの利得を有するパワーアンプ (PA/ G_{PA}) とマイクアンプ (MA/ G_{MA}) が抜けていることが分かります。

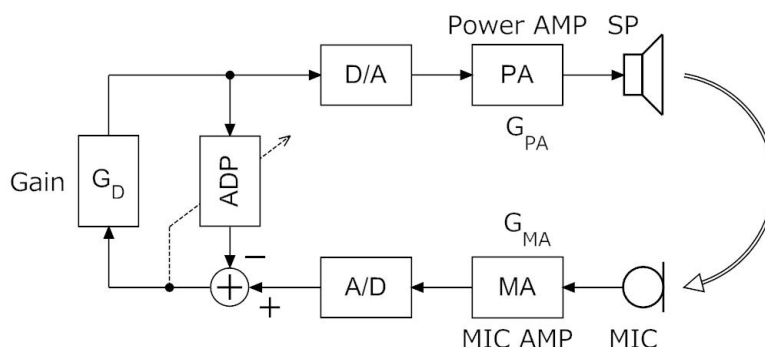


図2 連続時間システムと離散時間システムを区別して描いたブロック・ダイアグラム
ADPは適応フィルタ (Adaptive Filter)

2. フィードバック・パスの位置の誤り

図1の適応ハウリング・キャンセラの明白な誤りはフィードバック・パス（Feedback Path）とフォワード・パス（Forward Path）を取り違えていることです。図1では音響系の信号経路をフィードバック・パスとしていますが、図2のブロック・ダイアグラムを元にして音響系を切断したときにどうなるかを調べると図3のようになります。

図3を見ると、音響系の信号経路を切断しても適応フィルタ（ADP）とゲイン・ブロック G_D を経由する薄緑色の閉じた信号経路が存在するために、システムの安定性を保証することが出来ません。

したがって図1～図3で音響系の信号経路がフィードバック・パスでは無いことは自明です。

（フィードバック・パスを切断してフィードバックが無くなれば、システムは安定になるはずですが）

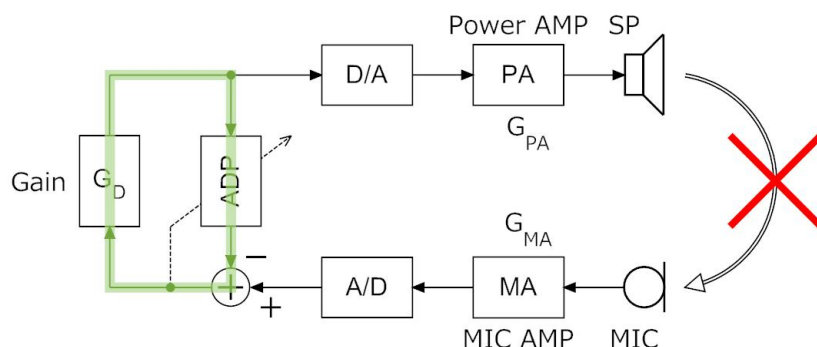


図3 音響系の信号経路を切断した時のブロック・ダイアグラム
音響系を切断しても薄緑色の閉じたループが存在する

フィードバック・パスとフォワード・パスを正しい位置に書き直すと図4のようになります。

図4においてフィードバック・パスにゲイン（ G_D ）があるのはおかしいと思われる方がいらっしゃるかもしれませんが、そうならば音響系をフィードバック・パスとみなした時にゲイン G_{PA} 、 G_{MA} があるのもおかしいことになります。

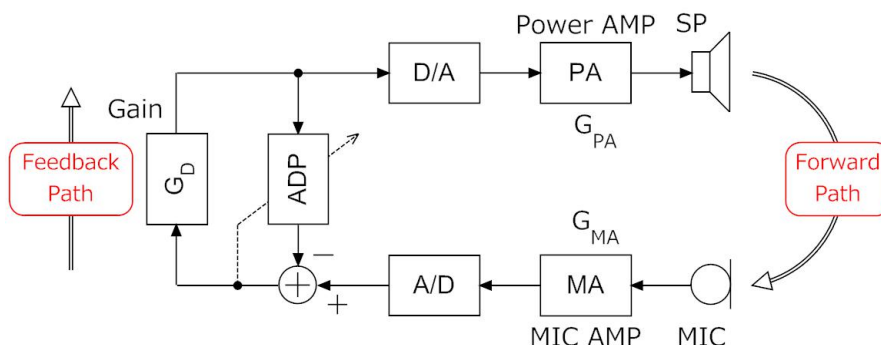


図4 適応ハウリング・キャンセラのフィードバック・パスとフォワード・パスの正しい位置
適応ハウリング・キャンセラ付の拡声システムの
音響系の信号経路はフィードバック・パスでは無い

そもそも、図4においてパワーアンプとマイクアンプの利得設定 (G_{PA} , G_{MA}) が適切であるならば、離散時間システム側のゲイン・ブロック G_D は不要です。 拡散音場で実時間動作する現実のハウリング・キャンセラにおいてフィードバック・パスに利得 G_D を付け加えるメリットはありませんし、動作特性の解析にあたっても解析が面倒になるだけなので G_D は必要ありません。 したがって、最終的に適応ハウリング・キャンセラの正しいブロック・ダイアグラムは図5のようになります。

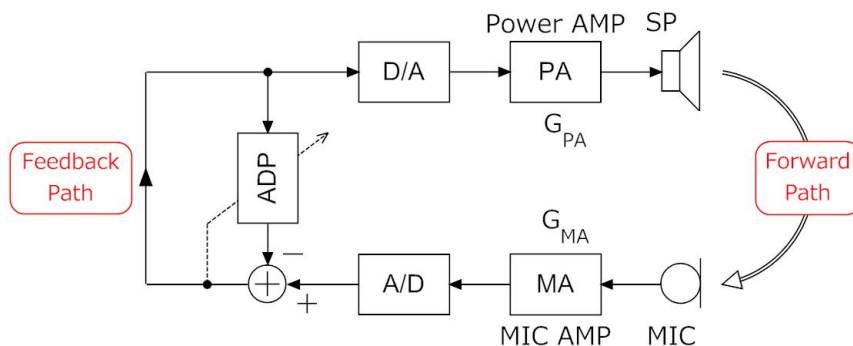


図5 適応ハウリング・キャンセラの正しいブロック・ダイアグラム

さらに動作特性を素直に理解できるように図5を書き直すと図6のようになります。 適応ハウリング・キャンセラはシステム同定の構成の適応システムにフィードバックがかかっている形になります。

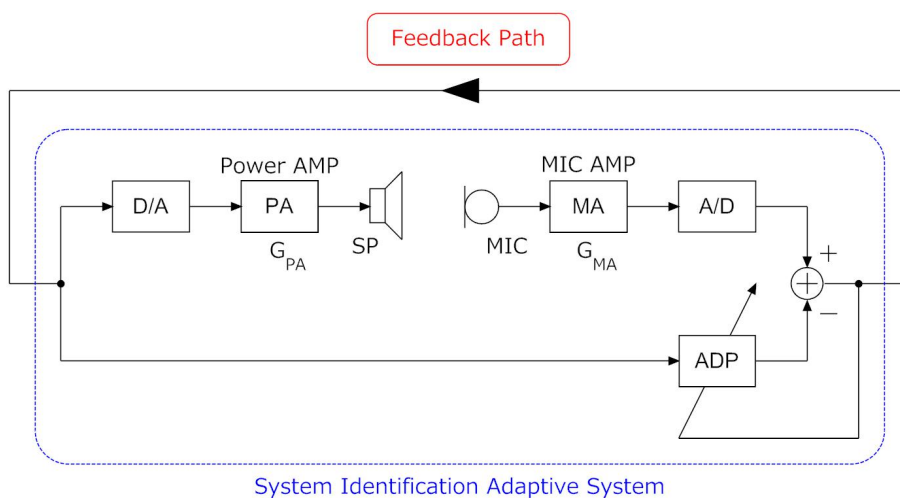


図6 分かり易く書き直した適応ハウリング・キャンセラの正しいブロック・ダイアグラム
システム同定の構成の適応システム (System Identification Adaptive System) に
フィードバックがかかっている

3. 実用レベルのハウリング・キャンセラのブロック・ダイアグラム

図6はあくまでも適応ハウリング・キャンセラの最も基本的な構成要素のみを示した概略のブロック・ダイアグラムですが、実用レベルのハウリング・キャンセラの基本構成は図7のようになります。現実の拡散音場で実時間動作して動作の安定性を保証することの出来る適応ハウリング・キャンセラにはリミッタ (Limiter) とデコリレータ (Decorrelator) が必要となります。

リミッタは音響系の構成要素 (D/Aコンバータ、パワーアンプ、スピーカー、マイク、マイクアンプ、A/Dコンバータ) が飽和することなく線形領域で動作することを保障するものです。デコリレータには遅延や周波数シフト、各種の変調回路を用います。デコリレータとして最低でも1サンプルの遅延が無ければ、スピーカーの拡声音はスペクトル包絡が平坦化されたハイ上がりの音になってしまいます。

図7のフィードバック・パスにゲインを持たせることは可能ですが、そのようなことをするメリットはありません。

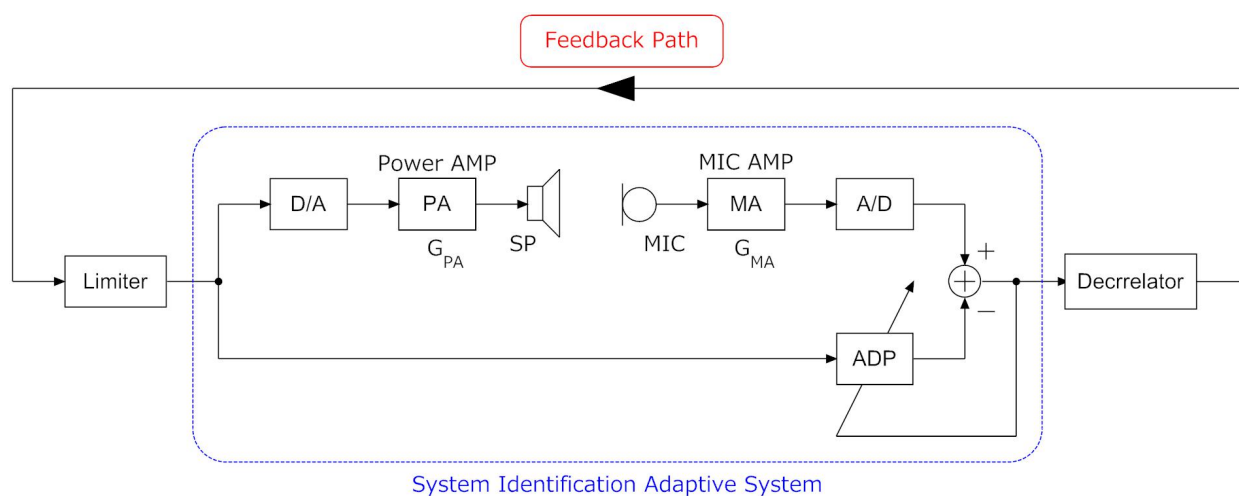


図7 実用レベルの適応ハウリング・キャンセラの基本構成
リミッタ (Limiter) とデコリレータ (Decorrelator) は
実用レベルのハウリング・キャンセラに必須

拡散音場で実時間動作する実用レベルの適応ハウリング・キャンセラを実現するには、図7の正しいブロック・ダイアグラムに基づいて研究開発を進める必要があります。
(フィードバック・パスとフォワード・パスを取り違えてはいけません)