

補聴器のハウリング・キャンセラの論文には『逆フィルタによって音声は白色化・無相関化される』という記述が多くみられます。音声処理の一般常識からはかけ離れた記述ですが、これが補聴器のハウリング・キャンセラの研究をされている方の共通認識になっているようです。

このような音声に対する誤った認識に基づいていたのでは、実用的な拡声装置向けのハウリング・キャンセラの開発は出来ないので、音声の性質について説明したいと思います。

補聴器の論文の多くで音声を逆フィルタに通すと、有声音はインパルスに、無声音は白色雑音になる、無相関化されると記述されています。(図1)

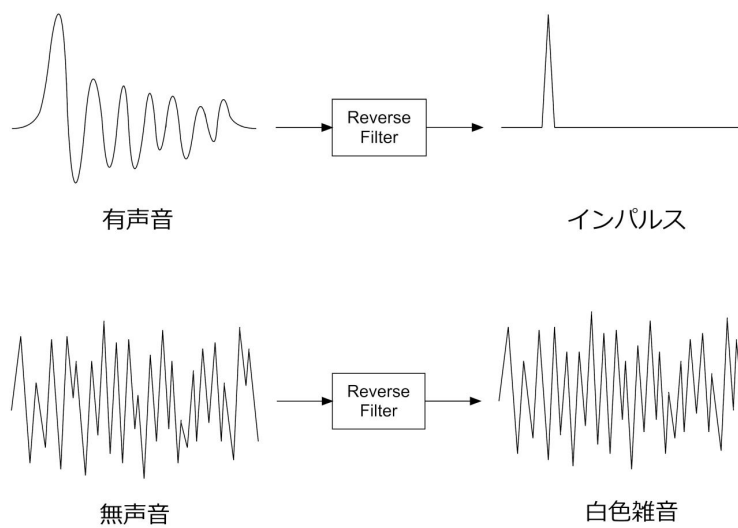


図1 補聴器のハウリング・キャンセラの文献における音声の逆フィルタ処理についての解釈

しかし、実際には周期性を有する有声音を逆フィルタに通すとインパルスになるのではなく『概周期的なインパルス列』になります。(図2) 逆フィルタ出力の揺らぎのある周期性を有するインパルス列は、同等の周期を持つ他の周期信号との相関を有します。(無相関化はされません)

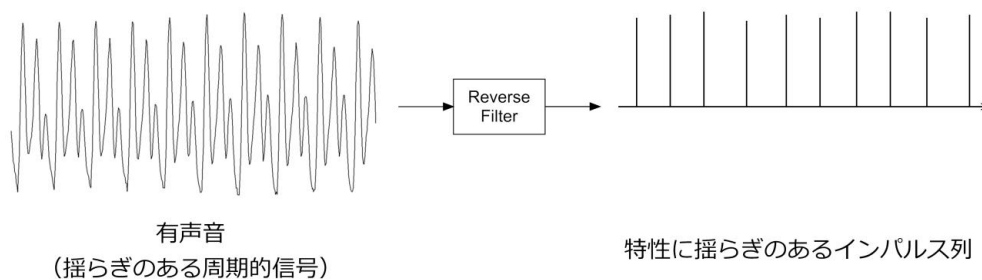


図2 実際の音声の逆フィルタ処理の結果

逆フィルタ処理の前後の有声音の周波数特性を調べると、図3、図4のようになります。

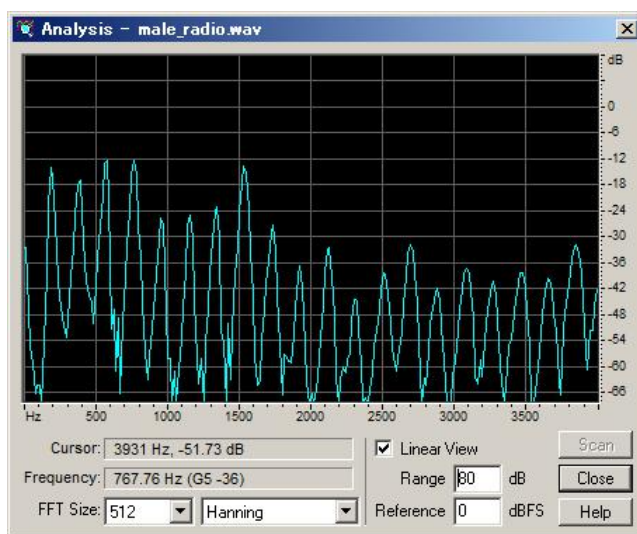


図3 FFTして求めた有声音の周波数特性
複数フレームの平均特性のグラフなのでホルマントの共振特性が明瞭ではありません

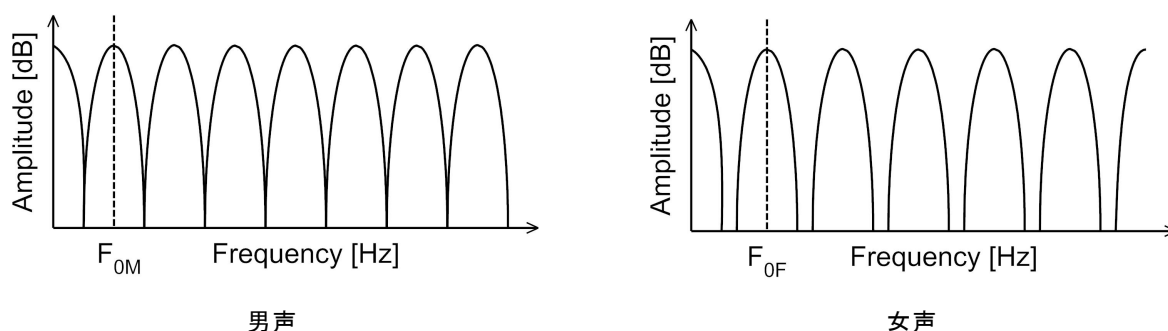


図4 逆フィルタ処理後の有声音の周波数特性
男声の基本周波数 F_{0M} より女声の基本周波数 F_{0F} の方が高い

有声音を逆フィルタに通すと周波数特性の大きな凸凹は無くなりますが、スペクトルの櫛の歯状の微細な周期的構造が無くなるわけではありません。(図4) 音声の専門家も『音声は白色化される』という表現を使わないわけではありませんが、論文・教科書などでは『逆フィルタによって音声のスペクトル包絡が平坦化される』と記述するのが普通です。

線形予測分析において逆フィルタの出力信号(予測残差信号)の自己相関から基本周期・基本周波数を求めるのは常識的な処理であり、音声分析の観点からは音声は白色化・無相関化されることなどあり得ません。

男声と比較して基本周波数の高い女声($F_{0M} < F_{0F}$)はスペクトルの密度が疎になるために、男声よりもホルマント分析などが難しくなることが知られています。

補聴器のハウリング・キャンセラでは音響系のインパルス・レスポンスが極端に短い(有声音の基本周期よりも短い)ので、音声の周期性を無視して処理しても問題無い~のかもしれませんが、残念ながらそのようなことを丁寧に解説した文献を見たことがありません。