

## 共通極を用いた 多点イコライゼーションフィルタについて\*

◎羽田 陽一 牧野 昭二 (NTTヒューマンインタフェース研究所)

### 1. はじめに

スピーカとマイクロホンを用いた拡声系では、音響結合によるハウリングが問題となる。従来、ハウリング防止のためにピークを抑圧し、周波数特性を平坦化するイコライゼーションが、手作業で行われてきた。

これを自動的に行なう方法として、逆フィルタを用いる方法がある。しかし、逆フィルタを用いるイコライゼーションは、手作業以上にマイクロホン位置の変化に対し敏感である[1][2]。

一方、これまで筆者らは、室内に固有の共振周波数に対応する共通極を、複数の室内音場伝達関数から求める手法を検討してきた[3]。本報告では、この共通極の逆特性をイコライゼーションフィルタとして、スピーカの前段に用いることを提案する。共通極イコライゼーションフィルタは音場に共通なピークを抑圧するため、マイクロホン位置の変化に依存しないイコライゼーションフィルタとなる。本報告では、一般的な多点逆フィルタと共通極イコライゼーションフィルタとを比較した結果について述べる。

### 2. 逆フィルタを用いたイコライゼーション

スピーカとマイクロホンの間の室内音場伝達関数 $H(z)$ の逆フィルタ $F(z)$ の特性は、

$$F(z) = 1/H(z) \quad (1)$$

である。図1に、この逆フィルタをイコライゼーションに用いる構成を示す。逆フィルタ $F(z)$ によるイコライゼーションは、周波数振幅特性および位相特性の再現、即ち波形再現を行なう。

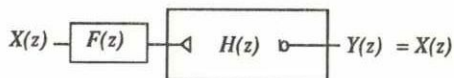


図1. 逆フィルタによるイコライゼーション

しかし、一般に2点間の室内音場伝達関数がマイクロホンやスピーカ位置によって大きく変わるため、逆フィルタ $F(z)$ も位置の変化に対して大変敏感である。そこで、マイクロホン位置の異なる

複数の伝達関数に対する多点逆フィルタを求め、イコライゼーションに使用することが考えられる[1][2]。図2に多点逆フィルタ係数推定の構成図を示す。ここでは、多点逆フィルタ係数 $f_n$ を、2乗誤差の和を最小にするように求める。但し、 $d(k)$ は目的信号、 $\Delta$ はモデリングディレイであり、 $h_{1n}$ は各伝達関数のインパルス応答を表す。

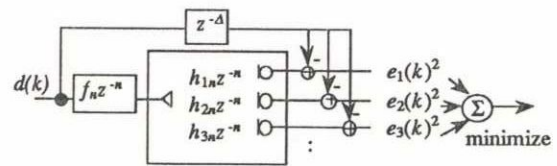


図2. 多点逆フィルタ係数推定構成図

### 3. 共通極を用いたイコライゼーション

一方、室内音場伝達関数 $H(z)$ を共通極・零モデル[3]、

$$H(z) = \frac{B(z)}{A_c(z)} \quad (2)$$

で表現し、図3に示すように、共通極の逆特性を持つ共通極イコライゼーションフィルタ $A_c(z)$ によりイコライゼーションを行なうことを考える。共通極のみを使用するという事は、零点 $B(z)$ の逆フィルタリングを行わないということであり、位相情報を無視しているため波形再現は出来ない。しかし、共通極イコライゼーションフィルタは共振系のピークを抑圧するため、周波数振幅特性を平坦化することができる。さらに、共通極は複数の音場伝達関数から求めるため、スピーカとマイクロホンの位置に依存しないイコライゼーションが可能である。

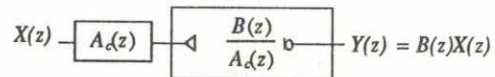


図3. 共通極イコライゼーションフィルタ構成図

\*Study on Multiple Points Equalization Filter using Common Acoustical Poles.

By Yoich Haneda and Shoji Makino. (NTT Human Interface Laboratories)

図4に共通極推定の原理を示す。入力信号 $x(k)$ は白色信号であり、共通極は共通AR係数 $a_n$ として最小2乗推定する。これは線形予測係数に対応している。

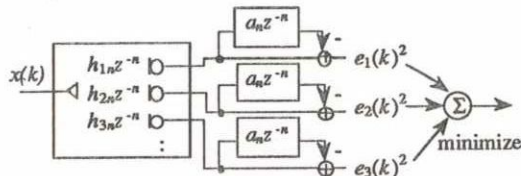


図4. 共通AR係数推定の原理図

#### 4. 多点のイコライゼーション

図5に示すように、スピーカの円周上の16箇所をマイクロホンが移動する時、ハウリングが初めて起こる増幅器利得を、イコライゼーションの有無と種類について比較した。増幅器利得を比較することは、ハウリングを起こさずにどこまで音を大きくできるかに対応している。以降の検討では、大きさ80m<sup>3</sup>、壁の反射率95%の部屋を仮定して、鏡像法で作成したインパルス応答を用いた。周波数帯域は60から320Hzで、帯域内残響時間は約1.7秒である。

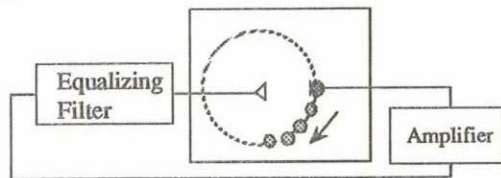


図5. 多点に対するイコライゼーション

16箇所のマイクロホン位置に対応する伝達関数のうち9個を既知とし、多点逆フィルタと共通極イコライゼーションフィルタの推定を行なった。フィルタ次数は両者とも200とし、多点逆フィルタ推定時のモデリングディレイは100サンプルとした。図6に共通極イコライゼーションフィルタを用いたイコライゼーションの振幅特性の例を示す。破線はイコライゼーションが無い状態であり、実線は共通極イコライゼーションフィルタを用いた場合である。特に、100Hz付近の2本の鋭いピークが抑圧されているのが分かる。

図7に、増幅器利得を上げて行った時に、はじめてハウリングが起こる増幅器利得を、16箇所のマイクロホン位置で比較した結果を示す。但し、最初に、全ての条件でハウリングの起こらない増幅器利得を基準利得(0dB)と設定した。横軸はマイクロホン位置である。イコライゼーションが無い場合には、例えば、5番目や13番目のマイクロホン位置にマイクロホンが移動すると、1dB程度の増幅器利得でハウリングが起こる。一方、共通極イコラ

イゼーションフィルタを用いた場合は、マイクロホンの位置に依らず、5dB程度まで増幅器利得を上げることができる。これは、共通極イコライゼーションフィルタが音場に共通な共振系によるピークを抑圧していることを示している。他方、多点逆フィルタでは、ハウリングの起こる増幅器利得は、ほとんどのマイクロホン位置でイコライゼーションの無い状態よりむしろ下がっている。

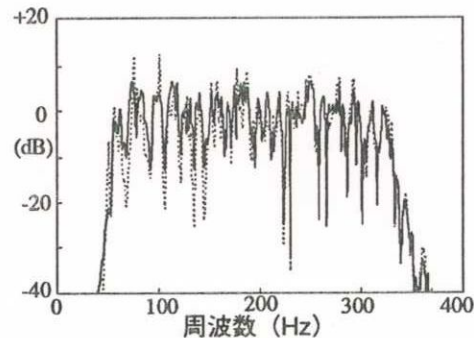


図6. 共通極イコライゼーションフィルタ(実線)とイコライゼーション無し(破線)の周波数振幅特性

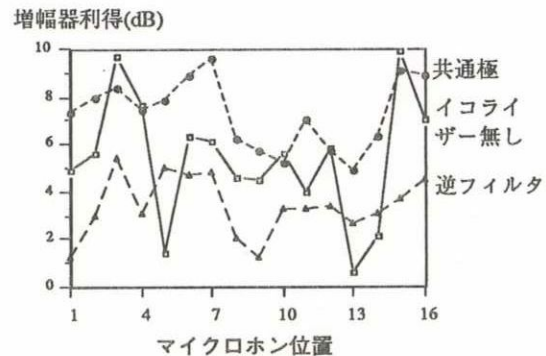


図7. ハウリングが起こる増幅器利得の比較

#### 5. まとめ

複数の室内音場伝達関数に共通な極(周波数特性のピーク)の逆特性を、ハウリング防止のためのイコライゼーションフィルタに用いることを提案した。マイクロホンが移動するような状況において、共通極イコライゼーションフィルタを用いた場合には、ハウリングが起こる増幅器利得を、イコライゼーションが無い場合に比べ5dB程度上げることができた。

#### 参考文献

- [1]半場, 岡部, 浜田, 三浦, 霧生, "車室内音場での逆フィルタに関する基礎考察", 音講論集, 2-7-15, (1990.3).
- [2]阿部, 浅野, 鈴木, 曾根, "頭部の位置ずれを考慮した頭部伝達関数の模擬における模擬領域について", 信学技報, EA92-47, (1992.8).
- [3]Haneda, Makino, Kaneda, "Modeling a Room Transfer Function using Common Acoustical Poles," in Proc. ICASSP'92, Vol. 2, pp. 289 - 293 (1992.3).