



# システムイコライゼーション

S y s t e m E q u a l i z a t i o n

アルテック・ランシング トレーニングマニュアル 第6号 1977年発行

サウンドシステムにイコライゼーションを掛けるということは最近始まったことではありません。それには1930年代に「アール・シーン社」の「フォークマン氏」の初期の仕事にさかのぼります。

しかしながらオーディオへのオースメントへは1960年代までありませんでした。

「ポール・ボナー氏」が、システムでフィードバックを起こす特定の周波数に対して、実際の作業現場で調整された損失の少ない「ノッチフィルター」を使ってフィードバックを防止する理論を開発しました。

「アコースタ・ボイシング」という商標登録名で、アルテック・ランシングは「ISO規格」の周波数で中央設定された、互いに影響を及ぼし合う1/3オクターブのバンドリジェクション・フィルタを使うことを基本としたイコライゼーションのシステムを発売しました。



は1930年代  
エーフォートホー  
ルクマン氏  
さかのぼりま

サウンドリンフ  
の幅広い応用  
でもたらされま

ナー氏

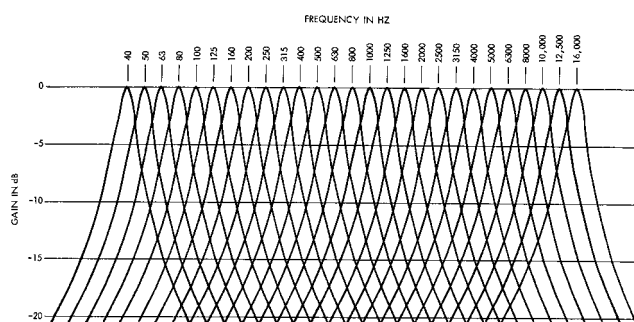
株式会社イーブイアイオーディオジャパン  
〒168 - 0063 東京都杉並区和泉2 - 5 - 60  
TEL 03-3325-7900 FAX 03-3325-7878  
札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

### システムイコライゼーション

<ブロードバンド(広帯域)>と<ナローバンド(狭帯域)>という用語がこれらの数々の機器を説明するのに使われてきました。

そのような用語はもちろんな相対的なものであり、アルテック・ランシングの1/3オクターブ機器は<ブロードバンド>と<ナローバンド>機器の両方に分類されます。

#### 1/3オクターブフィルター、27素子



1/3 オクターブに分離されたセンターの周波数は、実際には周波数の狭い隙間の意味を持っていますが、これらのフィルターが相互に影響をするという本質は<ブロードバンド(広帯域)>の用語がもっと適切になることをほのめかします。

一方では<ボナーの実践>で使われたノッチフィルターは、どのような定義でも<ナローバンド>となり、100Hz から500Hzの範囲におけ

る通常の帯域幅が、一般的に5Hz以下となるはずで

概して、ブロードバンドフィルターは、聴取空間でいくつかの指定されたポイントで測定された場合に、ある規格または任意の周波数範囲に基づいて、基本的なサウンドシステムの特性を形作るか、滑らかにするために使われます。多くの場合では、周波数を滑らかにした損失分以上のゲインが必要となり、ブロードバンドになっているだけのイコライザは、ある帯域が抜けたり突出するようなリギングとなって聞こえる傾向を持つか、ある周波数で顕著な張り出しがはっきりと聞こえてくることでしょう。

この章の初めの部分ではっきりさせたように、イコライジングはリギングから完璧に自由になるために、<持続するフィードバックより少なくとも6dB 低いゲインで操作するべき>で、これは実際のシステムの使用方法に関して非常に小さなゲインをしばしば表します。

リギングが起こる周波数の非常に近くで、<ナローバンドフィルター>を使って調整する方法は、リギングを起こし易くなる傾向を押さえるのにシンプルで効果的な方法で、使用可能なシステムのゲインが大体6dBから8dBの増加ができます。

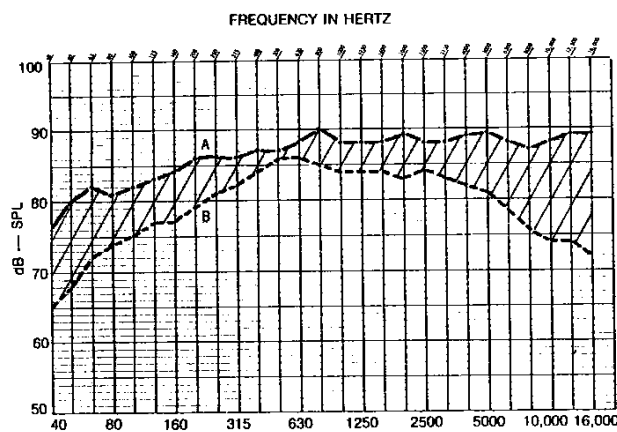
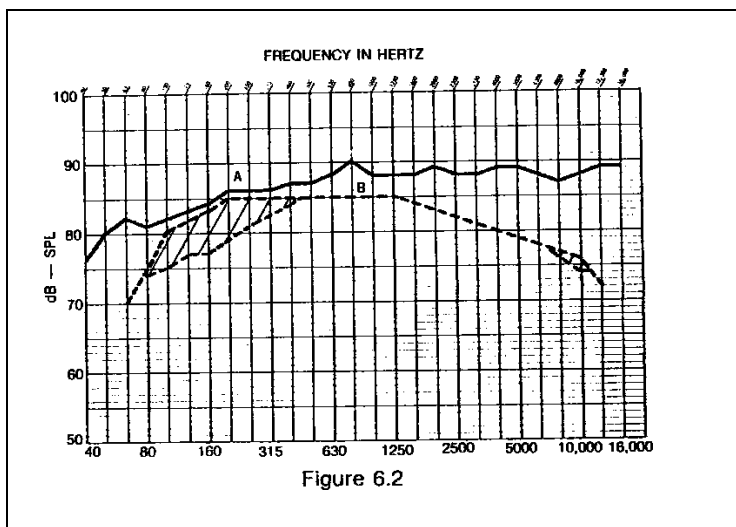


Figure 6.1

これらの考え方を図に表して検証してみましょう。<図6.1>では、曲線Aは与えられたシステム使って定められた空間におけるフィードバックのスレッシュホールドを表しています。そして曲線Bは約500Hzにおいてフィードバック直下に設定されたシステムゲインを備えたシステムの実際の特性を表しています。斜線が書かれた範囲はシステムの<使用不可能なゲイン>とも呼ばれるものを表しています。



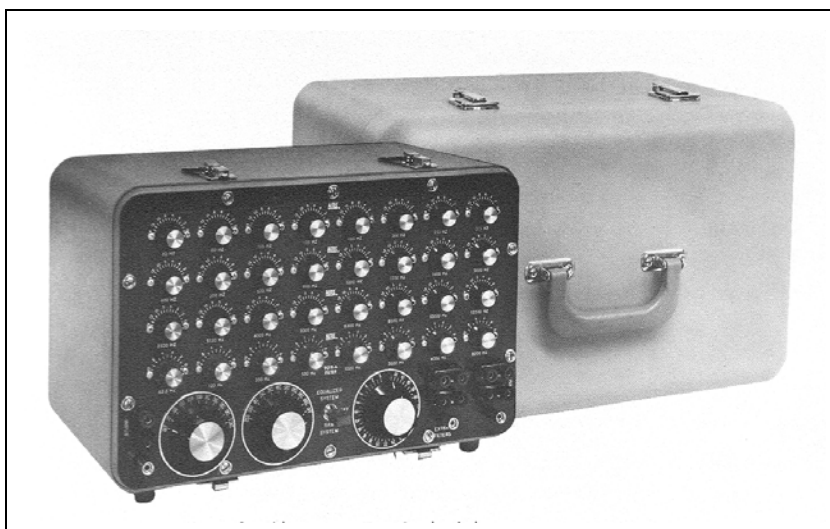
ブロードバンドイコライザを使ったイコライゼーションによって、図6.2にある曲線Bを使ってぴったりと一致するようにシステムの変えることができます。ゲインの増加は曲線Bの下にある斜線で囲まれた範囲で表されます。実際には、私達は少なくとも6dBの曲線Aと曲線Bとの間のマージンを確保してシステムを操作しなくてはなりません。このレベル以上で操作をしようとする、どのような操作をしても100Hzから1,250Hzの間である種

のリギングを発生するという結果になることでしょ。ナローバンドフィルターをシステムに挟み込んで使えば、リギングを排除することができます。ゲインを増加すると一つずつフィードバックモードが現れてくるので、妥当な周波数帯域のフィルターが挿入されます。

この操作をすれば、6個から7個のディスクリットで構成されたフィルターが、システムのオペレーティングゲインを増加するために外されるはずで。

**参考資料:**フィルターモジュールを差し込む、初期のイコライザー

なぜこのような言い回しをするのかといえば、当初のイコライザは現在のような形ではなく、フィルターを必要とする周波数のモジュールを差し込んでいくタイプで、不必要な周波数のフィルターをできる限り使わないというものでした。下にある写真が、アルテック・ランシングの9014という製品で、24個のフィルターが入る仕様になっていました。必要な周波数ポイント



によっていくつかのフレームが用意されていました。各モジュールのフィルターはRとCで構成されており、位相特性はすばらしいものでした。価格も今からするとびっくりするような高額なもので、定価設定をすれば200万円を超えるものでした。

.....  
フィルターの伝送特性  
.....

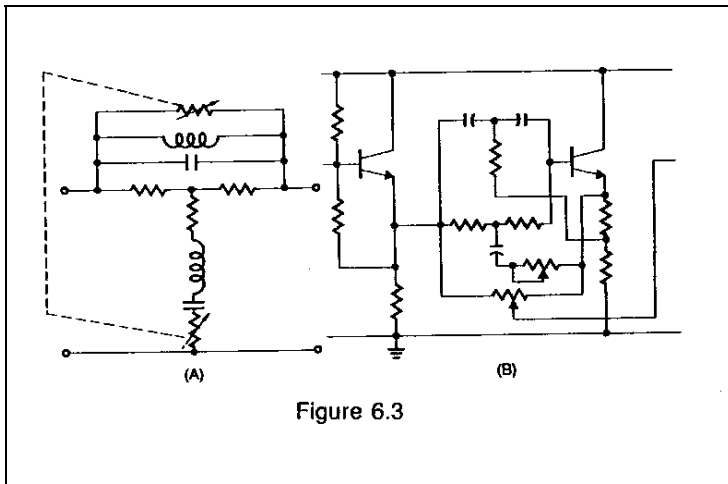


Figure 6.3

イコライザがアクティブタイプであっても、パッシブタイプであっても、最も調整がうまくいくイコライジングフィルターは直列結合された帯域減衰方式の製品です。図6.3は一般的なパッシブ部分(a)と一般的なアクティブ部分(b)を表しています。アクティブタイプかパッシブタイプのどちらかの位相と増幅性能は、図6.4にあらわされています。

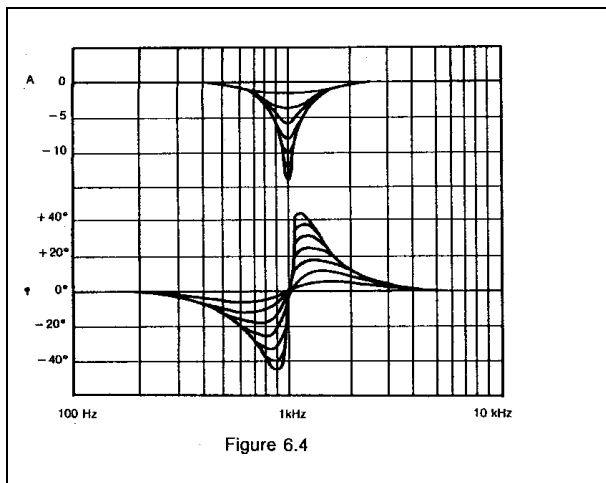


Figure 6.4

このフィルター部分の重要な特徴は、それらが相互に影響し合う方法です。その挿入範囲の十分な割当を越えて、ほとんどのラウドスピーカ対空間の応答周波数曲線を滑らかな外廓線にする方法で結合します。隣あった部分間の相互作用の基本的な本質は図6.5に表されています。全体的な周波数範囲にわたるフィルターの相互作用の一般的な例は図6.6に表されています。

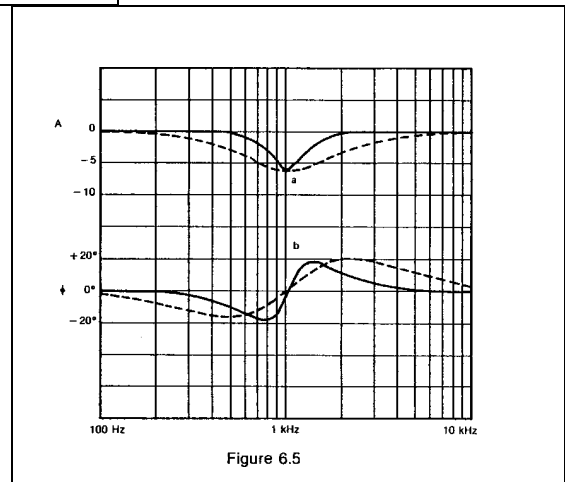


Figure 6.5

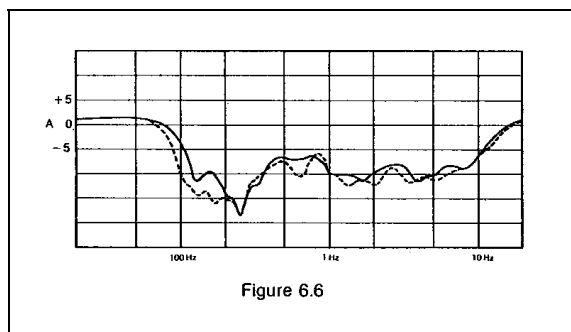
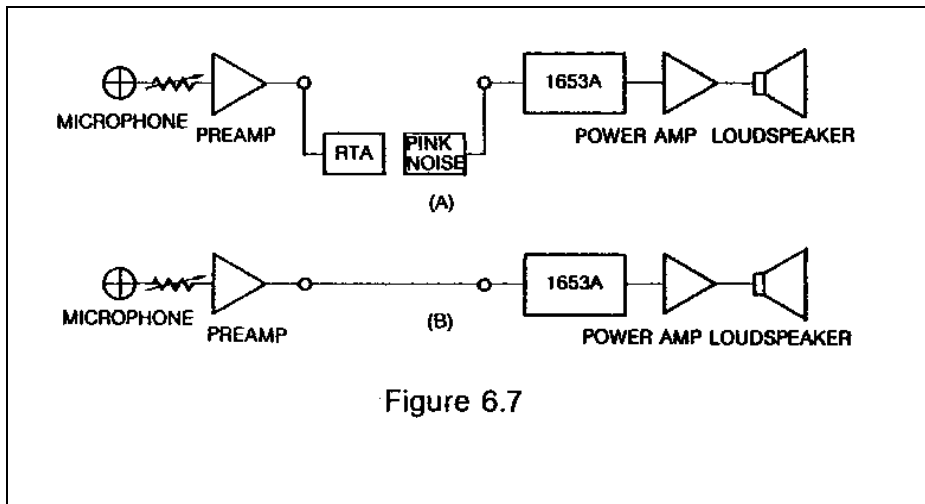


Figure 6.6

イコライジング機器の使用方法

イコライジングという作業が始まった初期には、1/3オクターブのノイズ帯域を個別に測って、その曲線の一つずつ測定していました。この作業はフィルター設定時のほんの僅かな変化が、応答周波数特性曲線の再プロットングを必要とするといった特に骨の折れる作業でした。リアルタイムアナライザが出現して、応答曲線を書くのに必要な時間をほとんどの場合においておおよそ10分間に減少してくれました。<ピンクノイズ(オクターブごとに等しいエネルギーが存在するランダムノイズ)>がパワーアンプの入力でシステムに供給されます。ここでは、システムにおける電氣的でもなく音響的でもないエレメントがオーバーロードを繰り返して起こることに注意を払わなくては



なりません。スピーカシステムから出たノイズ信号は固定して取り付けられたマイクロフォンによって拾われプリアンプに供給されます。プリアンプの出力がリアルタイムアナライザに供給されます。リアルタイムアナライザが対数検知器によって処理された出

力を持つ隣あった1/3オクターブの帯域フィルターの一組を使って走査します。合成された出力が垂直目盛りは< dB > で水平目盛りは< 周波数 > が記載されたブラウン管(古い時代には)に表示されます。

< 図6.7(a) > はブロードバンドを使ったイコライジング手順に関するシステム構成を表しており、< 図6.7(b) > は通常の操作に関するシステム構成を表しています。

リアルタイムアナライザはよく< 急速(FAST)と緩速(SLOW) > の< rms > 応答速度を備えています。緩速(SLOW)応答にしておくと、サウンドシステムにイコライザをかけるには作業がしやすいものとなります。

参考資料:初期のリアルタイムアナライザ

アルテック・ランシングとヒューレットパッカード社で共同開発をしたリアルタイムアナライザ8050Aです。  
リアルタイムアナライザが日本に数少なかったころ、引っ張りだこの人気でした。



電気的音響特性を形作る

イコライザの出現以来長年にわたる実践を重ねた結果、サウンドリファインメントシステムにおいて周波数特性をフラットにすることが好ましくないということが証明されました。

もちろん<約80Hzから1KHz>の帯域については応答周波数特性をフラットに保ってやり、<2KHz以上の帯域>については<およそ3dB/oct>で緩やかに減衰させていきます。<80Hz以下>と<約10KHz以上>の両端の周波数帯域については、システムに発生する極度のノイズを除去するために<ロールオフする>というのも良い方法です。

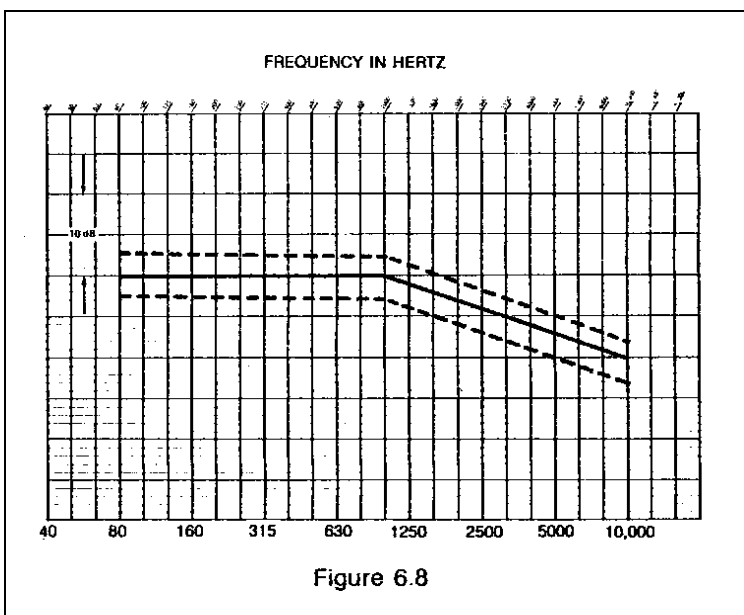


Figure 6.8

アルテック・ランシングが順次改良を進めたパッシブタイプのイコライザ(9860A,1650A,1750A/B)は、両端の

周波数帯域を < おおよそ  $18 \text{ dB/oct}$  > ロールオフするための機能を備えています。

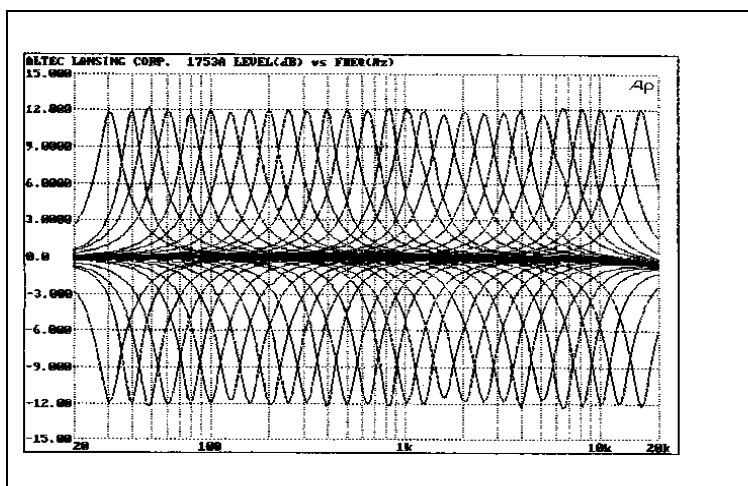
< 図 6.8 > は、サウンドリフォーメントシステムに使うために理想的な周波数特性を表しています。実際にはシステムを  $\pm 2-1/2 \text{ dB}$  の誤差許容範囲内で調整すべきです。 <  $80 \text{ Hz}$  以下 > と <  $10 \text{ KHz}$  以上 > では応答特性はロールオフされました。サウンドリフォーメントシステムにイコライジングをする場合には、測定に使うマイクロフォンは空間の < 臨界距離 (Dc) > の少なくとも < 2 倍以上の距離 > で、少なくともその距離よりは短くならない残響音場にできる限り設置すべきです。物理上の制限があってマイクロフォンを < 臨界距離 (Dc) の 2 倍以上 > の場所に設置できない場合があると思います。例えば、天井高が低い会議室に配置された分散ラウドスピーカ配置がなされたとか、小さな練習室か教室で大きな出力レベルを出す再生システムといったものです。

これらの状況では、しばしばマイクロフォンが聴取者のどちらかが < 残響の発生する音場 > にいることが不可能となることがあります。このような場合には、測定用マイクロフォンの設置位置は、一般的な指導書よりも用心深い数値判断によってなされなくてはなりません。

## ブロードバンドの 1/3 オクターブフィルターの調整

アルテック・ランシングのアクティブタイプのフィルターセットである 1653 と 1753 は、 < スペクトラム > を形作るためには理想的な選択となります。ロータリー式ではないスライド式のアッテネータは、同時に 2, 3 個所の周波数帯域を調整できるようになっているため、簡単な調整作業をさせてくれます。概して、以下に述べるような調整手順が推奨されます。

周波数特性曲線の最も高いポイントから始めて下さい。



1/3 オクターブのアクティブタイプイコライザーのフィルター曲線を見れば分かるように、フィルターの周波数帯域のどこにおいても最初の 3 段階について覚えておくことが必要で、1 ポイントの周波数を変えると 5 個所の周波数帯域が影響を受けます。フィルターの帯域は中央周波数の  $2/3$  オクターブ上と  $2/3$  オクターブ下の場所で中心が合わせられています。このことはピークが周波数特性曲線に並んである場合には、全体の範囲が初めにフィルター

が一つの帯域だけを制御するのに十分狭くなる前にピーク周波数にその中央がくることによって低くされることが必要となることを意味しています。

出だしにどれか一つのフィルターを使って、隣接する帯域と同じになるまで最も高いピークをあらかじめ下げるといような非常に急激な補正作業を始めないで下さい。このようなことをおこなうことによって、現れた次のピークに



おいて同様の静かな手順による全体の範囲の再調整が起こります。

イコライゼーションを進めていくに従って、サウンドスペクトラムが平坦になった小さな範囲が現れることでしょう。補正したフィルターの注意深い選択が、全てのフィルターが最後の曲線の緻密な結果となる十分に狭い設定(3dB以上)にあることを確実にします。

手順の終わり近くになって曲線にでっぱりがあり、非常に幅広い補正をつけ加える前に使われなかった個々のフィルターを使わなければならなくなった場合には、最高の方針は全てのイコライゼーションを取り払ってしまい、改めてもう一度開始して下さい。

二回目の試行をしている間は、手順の完了に近い希望する帯域の精密な補正が達成できるであろう初期のフィルター選択に、特に注意を払って下さい。

イコライゼーションというのは、聴取範囲の主要部分に相当しないオーディトリウム的一角について作業をおこなう必要はありません。実際問題として、リアルタイムアナライザというのは、ラウドスピーカのアレイによって聞き手のカバーがおこなわれた場所を、精密に周波数調整をおこなうには素晴らしい道具となります。マイクロフォンを手を持って、リアルタイムアナライザの応答画面を見ながら聴取範囲を歩き回るという作業は、有益と(必要とも)言えます。低域、中域そして高域の周波数のバランスは、はっきりと観察でき、ラウドスピーカのアレイを作り上げる際にエレメントの再調整で修正された誤差もはっきりと視認できます。

## ----- ナローバンドフィルターの調整 -----

ナローバンドのフィルターを持ったイコライザの調整は、最近の数年間では商業的に手にはいる機器を使うことによって簡略化されました。

フィルターを調整するシステムダイアグラムは < 図 6.9 > に表されています。

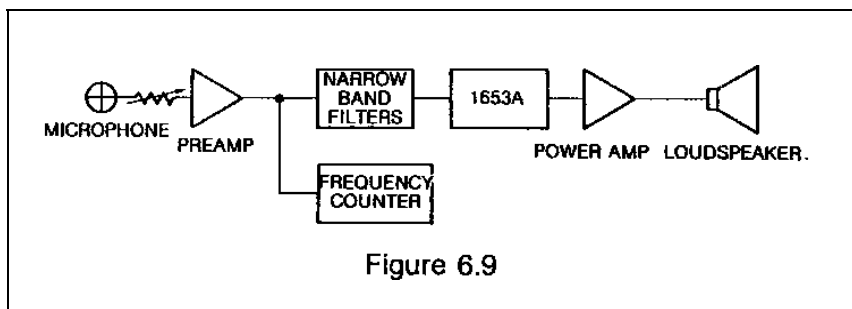
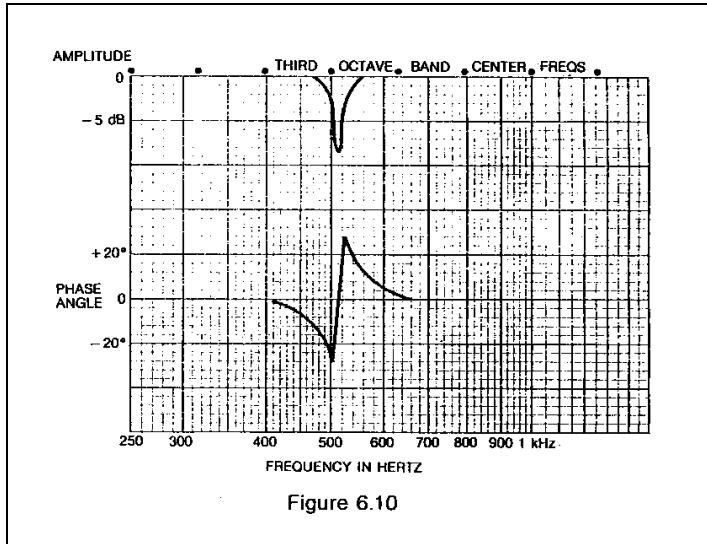


Figure 6.9

アルテック・ランシングの1653A等のプロウバンドイコライジングが完了した後で、ナローバンドイコライジングシステムを挿入してサウンドシステムがハウリングを起こし始めるまでシステムのゲインをあげます。ハウリングが発生する直前モードまでシステムを安定させ、単独の周波数によるハウリングだけが現れることを確認しましょう。周波数計がハウリングを起こしそうな周波数を表示します。そのハウリングを起こしそうな周波数に最も近いフィルターを選んで、最初にレベル減衰が最小となるようにそのフィルターを挿入して下さい。それから次のモードが現れるまでシステムのゲインを上げて下さい。何かのモードが再び現れたとしても、より大きなハウリングモードの減衰が得られるように補正フィルターを調整して下さい。通常では5箇所か6箇所以内のフィルターを使ってハウリングの利得を < 約 6 dB > 改善することができます。



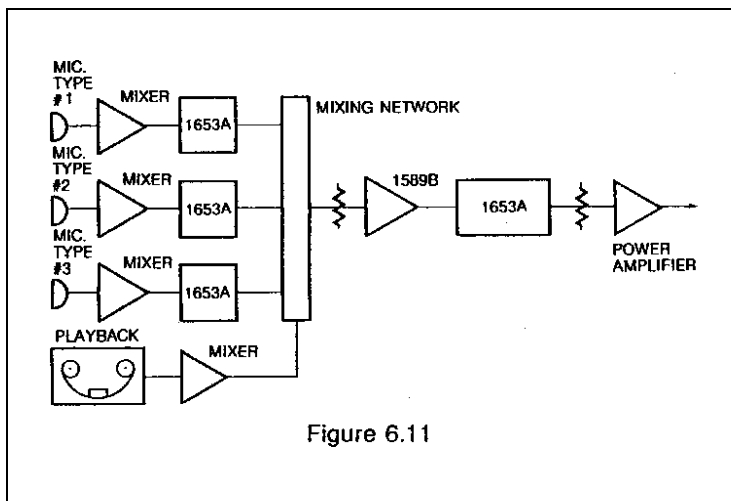
<図6.10>は<515 Hz>に中心がおかれたナローバンドフィルターの位相と増幅性能を表しています。

水平方向のメモリが大きく拡張されていることに注意して下さい。

## 伝送特性

私達はフィルターが起こすリギングについて多くの報告を聞いてきました。多くの人達は、あるフィルターはリギングを起こすが、他のフィルターはリギングを起こさないと考えがちです。事実、フィルターというのは全てある範囲でリギングを起こすものなのです。リギングというのはリギングを起こす周波数のサイン波を使ってパルスを起こした、その自然の周波数で共震します。一般的にフィルターをシャープにすればするだけその伝送特性でのリギングが長くなります。この文章の中で記述された全ての機器は、プログラム材料に影響を与えるためと、空間に発生する残響によって常にマスキングされるものに対してほとんどいつもほんの少しのリギングを発生します。

## 入力系統が複数あるシステムのイコライジング



複雑なシステムにはしばしば幾つかのイコライザを必要とします。<図6.11>にあるような<テープ再生システム>と幾つかの単独で使われるかグループで使われるマイクロフォンを持っているシステムについて考えてみましょう。パワーアンプの直前にあるアクティブタイプのイコライザは、テープソースを希望する再生周波数特性に調整するために使用します。幾つかのマイクロフングループ入力にある個々のアクティブタイプイコライザが、ミキシン

ゲネットワークを通してパワーアンプの前に設置されたアクティブイコライザーに直列に結線されて、希望する周波数曲線に調整されます。例えば教会におけるサウンドシステムでは、壁に取り付けられたマイクロフォンは絶対にそれ独自のイコライザーを必要としますが、説教壇と聖書朗読台に使うマイクロフォンにはまとめて二番目のイコライザーに、ラベリアマイクロフォンは三番目のイコライザーに入れて使うべきです。

### ..... マイクロフォンを使わず、再生系のシステムだけを使うシステムのイコライジング .....

一般的な決まりに従うと、ブロードバンドタイプのイコライザーだけが<再生>または<モニター>システムにイコライザをかけるために使います。これらのサウンドシステムの周りには、フィードバックを起こす可能性がないので、ナローバンドタイプのイコライザーは必要とされません。ラウドスピーカシステムによって興奮させられるような派手な空間に使うことも可能で、その場合にはナローバンドタイプのイコライザが特定の周波数において、少ない位相変化でサウンドシステムをドライブするために使われます。

しかしずっと良い解決方法は、それらの厄介な周波数をもっと音響的吸音処理ができるように部屋の構造を改修することです。

モニターシステムにどのような周波数曲線を描かせるかということについて、重要な論議があります。

いくつかのレコーディングスタジオではサウンドシステムをフラットにイコライジングしているようですが、一般的な感覚としては<2 KHz>から始まる<約3 dB/oct 落ち>になった、慎重に制御された<ロールオフ状態>となっています。この様子は<図6.12>に表されています。

例えば<200 Hz以上の帯域>ではこの曲線を<±1-1/2 dBの偏差>以内に維持することが一般的には可能です。極端に高い方の端の方で非常に急激に特性をロールオフしないように気をつけて下さい。

<200 Hz以下>では周波数特性を制御するのが若干難しくなり、良く考えた上で<±2-1/2 dBの偏差>かなり良い特性となります。最も低い方の周波数(60 Hz以下の帯域)では、個々の空間のモードをイコライザーだけで調整することは難しくなり、滑らかな周波数特性を得るためにはスピーカシステムの設置位置を変更するか構造を変更するとかがしばしば必要となります。

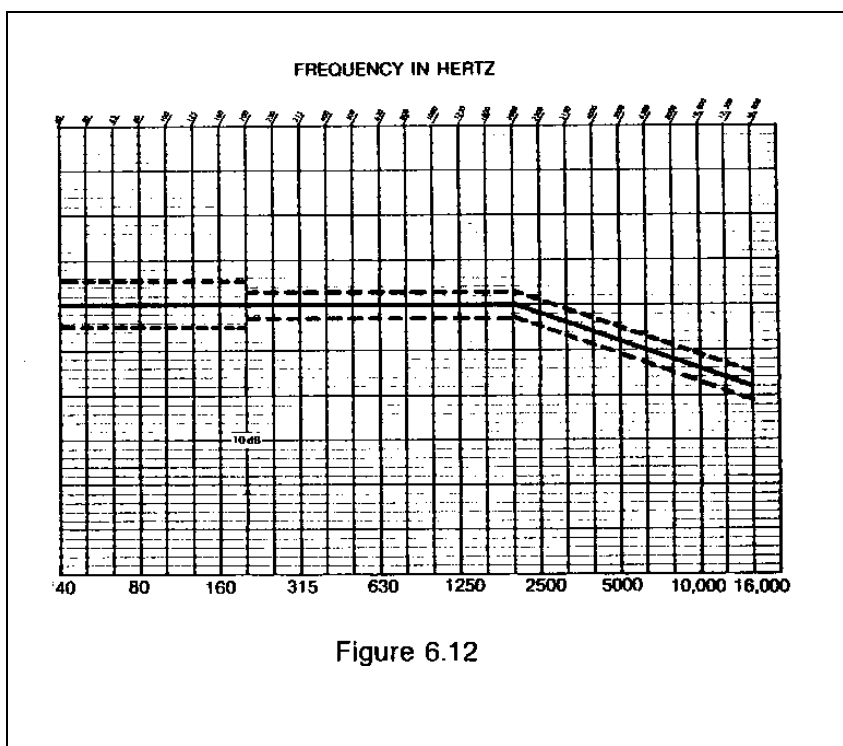


Figure 6.12

再生系とリフォーメントシステムとの根本的な違いは、再生系サウンドシステムをイコライジングするための測定用マイクロフォンが<直接音場>に置かれるということです。その空間は一般的に(少なくとも録音調整室位の大きさの場合)小さな残響エネルギーしかない十分に小さなものです。しかしながら高域スピーカユニットの主たる音軸は希望する試聴範囲を狙っています。

パワーアンプのパワーが不十分であるか、スピーカシステムの耐久容量が不十分である場合には、スピーカシステムの低域特性をイコライザーを使って調整しようとしてはいけません。

中域に対しても電気的特性で40Hzにおいて<約10dB-12dB>も上げてイコライザー調整することは普通ではありません。中域において<20ワット>で十分な場合でも、<40Hz>では<200ワット>のパワーが必要とされてしまうはずです。

ラウドスピーカはそのパワーレベルに必要なものを供給できると仮定をすれば.....低い周波数ではコーン紙の振幅が増大するために、厄介なサブソニック現象とラウドスピーカに使っているボイスコイルの磁気体への当たりによる<ゴツゴツ音>を除去するために、サウンドシステムにかなり急峻な<ハイパスフィルター>を入れ込むのが必要欠くべからざることです。アルテック・ランシングのアクティブタイプのイコライザーについているハイパス機能は、このハイパス動作のためには理想的なもので、もっと大きなサウンドシステムに使用するもっと範囲が拡張されたアルテック・ランシングのパッシブタイプのイコライザーにおける一層低い部分を使うことも可能です。

アルテック・ランシングのパッシブタイプイコライザーに使われているハイパスフィルターのスロープは、<18dB/oct>となっています。

## 参考資料

イコライザーをかける技能と実践  
スピーカシステムの健康管理



不明な点があれば、下記までお問い合わせください。

株式会社イーブイアイオーディオジャパン  
営業本部販売促進部 森本 雅記

E - Mail XLJ07362@niftyserve.or.jp

〒168 - 0063 東京都杉並区和泉2 - 5 - 60

TEL 03-3325-7909 FAX 03-3325-7983