

# スピーカーシステムプロテクション

## スピーカーシステムを破壊から守る方法

### スピーカーシステムが破壊される原因

低域ユニットと高域ユニットでは多少破壊原因が異なりますが、以下の5種類による破壊が多く現れます。

- スピーカーの定格入力よりはるかに大きなパワーが長時間にわたって入ることによりスピーカーが壊れる:

#### 熱破壊

- 極度に低い周波数帯域の信号または瞬時に大きなパワーが入ることによりスピーカーが壊れる:

#### 物理破壊

- サウンドシステム内でフィードバックを起こしてスピーカーシステムが壊れる:

#### ハウリング

- デジタル機器がクリッピングを起しスピーカーシステムが壊れる:

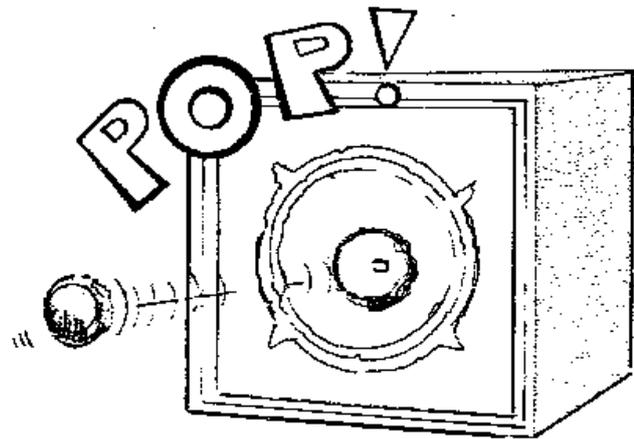
#### デジタルクリッピング

- 使用方法の誤り

ここに書かれている事柄はスピーカーシステムを破壊する原因のほとんどかもしれませんが、修理品をお預かりすると信じられない壊れ方をしている製品が数多くあります。

- スーパーウーハーを使わなければならないサウンドシステムなのに、フルレンジシステムの低域を思いっきり上げて使った。
- 空間の容積に対してスピーカーシステムの数量が足らなかった。

この資料がスピーカーシステムの破壊を未然に防ぐことができることを願っています。



## 各原因に対するスピーカー破壊防止策

### 熱破壊の防止

スピーカーシステムの定格入力よりもはるかに大きなパワーが長時間にわたって入るとスピーカーシステムが熱破壊で壊れます。

でも、

スピーカーシステムが壊れるから小さなパワーアンプを使えば良いという理由にはなりません。

#### ● 適度な定格出力を持ったパワーアンプを使う

Q:どの位のパワーを持ったパワーアンプを使ったら良いのか

A:スピーカーシステムの定格入力よりも大きな定格出力を持ったパワーアンプを使う

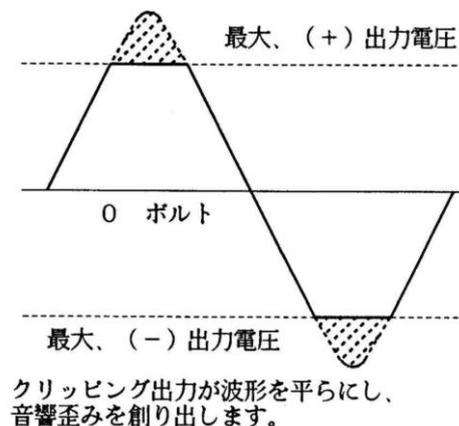
100ワットの定格入力を持ったスピーカーシステムには、最低でも100ワット以上の定格出力を持ったパワーアンプを使いましょう。

スピーカーシステムの測定条件が明記されている、スピーカーならびにパワーアンプを使うという条件で破壊防止方法を書きます。(測定条件が明記されている基準を定格といいます:エレクトロボイスはRS426Aという測定基準で、アルテックはAES推奨プラクティスという基準に沿って測定された結果をカタログ表記しています)。

全てのパワーアンプはその定格出力を出す条件を各製造会社が規定しているはずですが、米国のUL規格認定パワーアンプは、1ボルト前後の入力信号を入れて入力ボリュームを最大に廻した場合に定格出力を得ることができるように設計されています。

しかし規定(1ボルト前後)以上の信号をパワーアンプに入れると、パワーアンプが無理やり定格出力を超える信号を出そうとすることになり、ピーク成分が潰れた汚い信号が出て行くことになります。その結果スピー

カーシステムが破壊されることとなります。スピーカーシステムは波形が崩れた信号の入力に非常に脆弱なものです。



スピーカーユニットの構造に放熱特性が配慮されるようになり、加えて接着剤等の素材が良くなったことにより熱による直接破壊はかなり少なくなってきましたが、スピーカーシステムの定格入力よりも小さな定格出力を持ったパワーアンプを使うことによりもっと大きな音量を出そうとしてボリュームを上げると信号波形のピーク成分が崩れてしまい、結果的に大きなエネルギーをスピーカーシステムに

流すことになるのでスピーカーシステムの破壊につながってしまいます。

スピーカーシステムを壊さないためには、スピーカーシステムの定格入力よりも大きな定格出力を持ったパワーアンプを使うようにお勧めします。

## 注意

スピーカーシステムの定格入力ならびにパワーアンプの定格出力は製造会社によって測定条件が異なっているのが現実です。各社が発表しているカタログを読み取る力をつけましょう。

パワーアンプの前段に存在するイコライザーやミキサーがクリッピングを起こさないようにするシステムレベル調整が必要となります(レベルフローチャートを頭に描いて、機器の設計ならびにサウンド調整をおこな

う習慣をつけてください:トレーニングマニュアル サウンドシステム・インストールを参照)。機器の入・出力レベルを良くチェックしてシステムに使う機材を選択するように心がけて下さい。

### ● スピーカーシステムのインピーダンスとの関係

一口に過大入力が入ったと言っても、本当に大きな入力が入った場合と、スピーカーシステムの壊れやすい帯域の信号が多く入りすぎた場合があります。

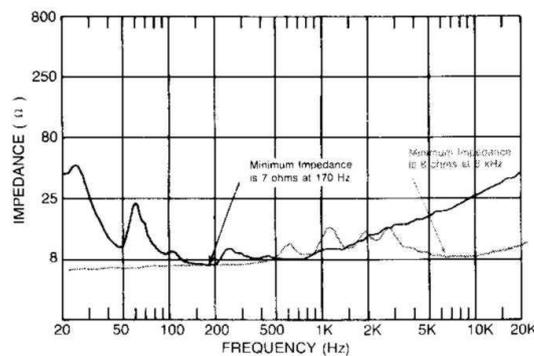
スピーカーシステムのインピーダンスは公称8Ωと書いてあっても実際のインピーダンスは周波数によって変動しています。右の図があるスピーカーシステムのインピーダンスカーブなのですが、この製品は170Hzで最低のインピーダンス数値

となり、その数値は7Ωとなります。(株)イーブイイオーディオジャパンが扱うスピーカーシステムの製品データシートには必ず最低インピーダンスが記載さ

れており、公称8Ωと称していても最低インピーダンスが6Ω以下になる製品もあります。100Wの出力を持ったパワーアンプを8Ωのスピーカーに接続した場合

に流れる電流は3.5アンペアですが、6Ωのポイントでは4.1アンペアの電流が流れることになり、ボイスコイルの耐久電流を超えるとボイスコイルの熱破壊につながります。最低インピーダンスがもっと小さくなるスピーカーシステムがほとんどです。

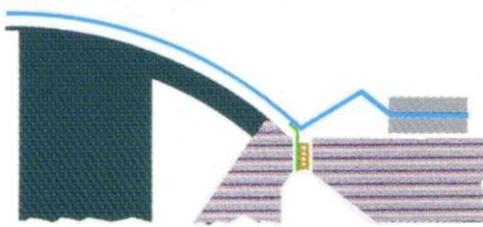
スピーカーシステムのインピーダンス特性に合わせたオペレーションに心がけましょう。



## 物理破壊の防止

スピーカーシステムの定格周波数帯域よりも低い信号が入ると  
スピーカーシステムが壊れます。

物理的破壊というのは、コーン紙が破れたり、ボイス  
コイルのボビンが壊れたり、接着  
面が剥がれたり、ダイアフラムが  
壊れるという現象です。以前は  
高域部分に物理的破壊が多か  
ったのですが、最近は低域部分  
に物理的破壊を起こしている修  
理依頼が多くなっています。お  
そらくイコライザーを使って無理  
やり低域を出そうとしているためだと思います。より多



くの低域感が欲しい場合にはスーパーウーハーを使  
うようにしましょう。少なくともフ  
ルレンジ帯域と同じ音圧を得  
ることができる量のスーパーウ  
ーハーが必要です。

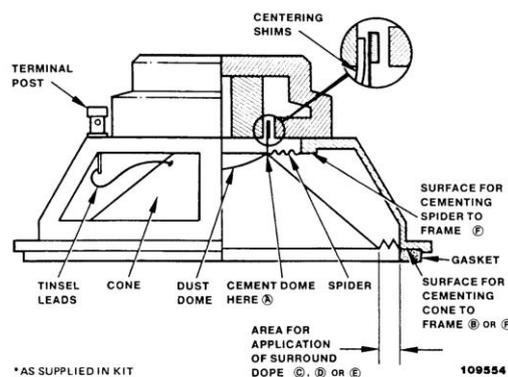
スピーカーシステムは性能  
以上の能力を出すことができ  
ないのです。

### ● 必要以上の低域信号を入れ過ぎないようにしましょう

コンプレッションドライバーに500Hz以上の信号を  
入れた場合に定格入力5  
0ワットしかなくても、1KHz  
以上の信号を入れると75ワ  
ットの定格入力となります。  
1KHz以下では物理的破  
壊(ボイスコイルの剥がれ、  
ダイアフラムの破損)を起し、  
1KH以上では熱破壊(ボイ  
スコイルの焼き切れ)を起す  
ことになります。

ボイスコイルとダイアフラム  
のボビンの接着強度を上回ることが、高域システムを  
破壊(ボビンの変形)する原因となります。高域のダイ

アフラムが皺だらけになることも珍しくはありません。



ウーハー(特にスーパーウ  
ーハー)については、ボイスコイル  
の可動振幅よりも大きな信号が  
入った場合に、コーン紙が極端  
に後ろに引っ張られた場合に  
はボイスコイルが構造体に当た  
りボビンが変形したり、ボビンか  
らボイスコイルが剥がれたりコー  
ン紙そのものに皺が入ったり  
します。コーン紙が極端に前に  
出るとマグネットの隙間からボ  
ビンが抜き出て戻らなくなったり、コーン紙のエッジが  
破けたりします。

## スピーカーシステムの物理的破壊防止方法

Q:コンプレッションドライバーを壊さない方法がありますか

A:保護コンデンサーを直列接続する

たとえチャンネルディバイダーを使っていたとしても、大きな信号を流す必要があるスタジアム等では、パワーアンプから低い周波数を持った信号成分が高域ドライバーに流れる可能性があります。この低域信号をカットするために、高域ドライバー保護用コンデンサーを回路に直列に接続して下さい。

使用するコンデンサーの数値の求め方は表を参考にするか、下記の数式を使って計算をしてください。

サウンドに影響を与えないように、カットしたい周波数の1オクターブ下(1/2)でカットするようにしてください。

基本計算式は以下のとおりです。

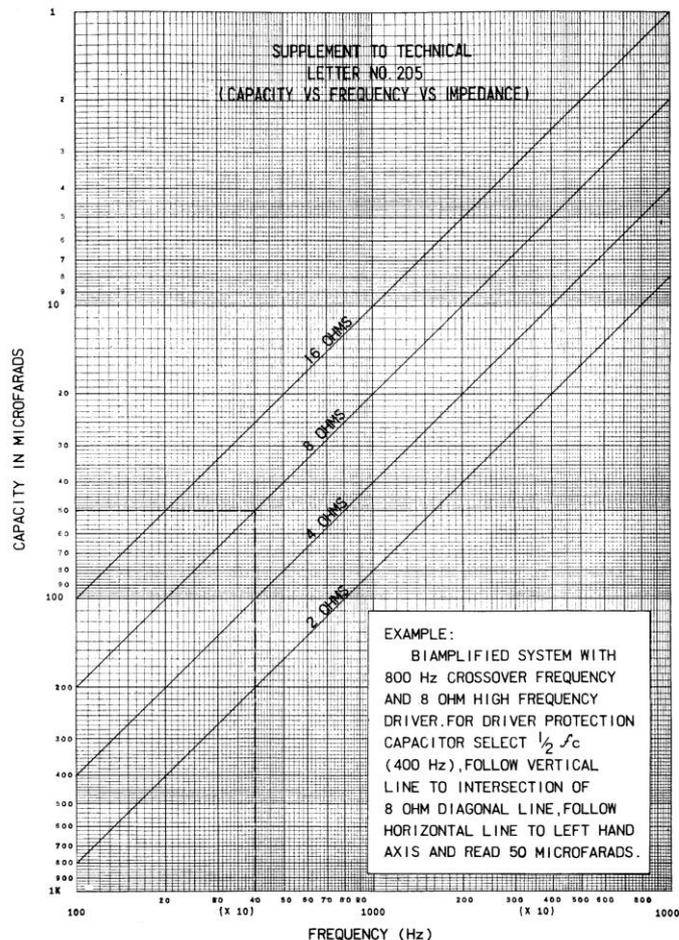
保護用コンデンサーの数値	$C_p \mu F$
カットしたい周波数	$F_c \text{ Hz}$
スピーカーシステムのインピーダンス	$R_i \Omega$
$C_p = 159,000 \div (F_c \times R_i / 2) = 318,000 \div F_c \times R_i$	

コンデンサーは、コンプレッションドライバの+側に直列に接続をします。

を持った製品を使って下さい。

コンデンサーはスピーカーシステムに流れる電流を計算し、余裕のある耐電圧

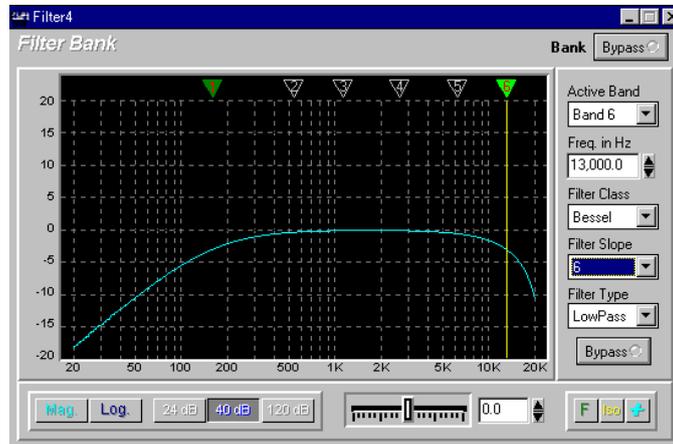
この保護策はコンプレッションドライバーのみに有効です。



Q: 低域ユニットを壊さない方法がありますか

A: ハイパスフィルターを使う

低域に関しては、過振幅を防止することに重点をおきます。残念ながら極端な過振幅はリミッターだけを使っても防止できません。特にスーパーウーハーシステムは、マイクロフォンで舞台の振動を拾ったり、シネマシステムでも映写機の機械振動を拾ったりして、コーン紙は常に不要な運動をすることになります。この運動を防止するには不要な低域成分をハイパスフィルターを使ってカットします。ハイパスフィルターを使うと必要のない低域の再生が整理され、サウンドがきれいになります。現在市場に出



ている業務用のチャンネルディバイダーには、30Hz または60Hzのハイパスフィルターがあらかじめ回路上に用意されています。ハイパスフィルターが用意されていない場合には、パワーアンプの前段にハイパスフィルター回路を用意することをお勧めします。デジタル・マルチプロセッサには不要な周波数帯域を除去するハイパスフィルターやローパスフィルターがほとんどついています。

## 熱破壊と物理破壊から発生する重大な事故

### 警告: スピーカーシステムからの発火に気をつけて!

熱破壊または物理破壊の怖さは、スピーカーシステムから発火することにあります。特にウーハーに大きなパワーを入れなくてはならない場合については気をつけてください。ボイスコイルやコーン紙が変形して磁気回路の中で引っかかってしまっても、ボイスコイルが断線せずに導通がそのまま保たれていることが多くあります。

このような状態になると、スピーカーシステムのボイスコイルが電熱器のコイルと同じ働きとなり、ボイスコイルが赤熱してコーン紙を燃やすこととなります。スピ

ーカーシステムの周りは燃えやすいものばかりですから、スピーカーシステムの発火は大変な事態を引き起こすことになります。

大きなサウンドを出した後で音量が急に下がり、フェーダーを上げても音量が増加しない場合には、スピーカーシステムが壊れていないかどうか確認をして下さい。ウーハーのコーン紙両端を指で静かに押さえガサガサという音がしたり前後に動かないようであれば、ほぼ100%ウーハーが壊れています。

- サウンドが途切れる原因がスピーカーシステムにある場合にはすぐに使用をやめましょう。
- スピーカーシステムがネットワークで駆動されている場合には、低域または高域のどちらかのスピーカーユニットが壊れたら使用を中止してください。低域または高域のスピーカーユニットが壊れた状態でネットワークが付いたスピーカーシステムを使い続けると、負荷バランスが崩れることによってネットワークが発熱し火災につながる可能性があります。

# スピーカーシステムを熱破壊と物理破壊から守る方法

## ● リミッター/コンプレッサーを使う

Q:スピーカーシステムの定格入力に比べて大きなパワーアンプを接続する場合には

A:リミッター/コンプレッサーを使用する

パワーアンプの定格出力は、規定入力を入れボリュームをあるポイントに設定した場合に現れます。しかしミキサーの出力レベルを大きく上げてしまったり、イコライザーの調整レベルを大きく逸脱してしまったりという理由で入力信号が規定レベルを超えてしまうことがあります。パワーアンプの入力のゆとりがどれくらい用意されているかは製造会社の規定によりますが、ゆとりを超える信号が流れ込むとパワーアンプから出てくるピーク波形が崩れて

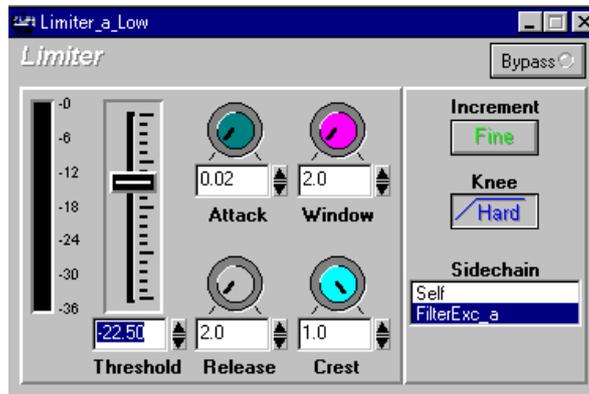
スピーカーシステムを壊してしまうことになります。

パワーアンプの入力へ信号の入れ過ぎることによるスピーカーシステム破壊を未然に防止するために、パ

ワーアンプの前にリミッター/コンプレッサーを入れることをお勧めします。パワーアンプに規定入力以上の信号が流れないようにすること、パワーアンプから必要以上のパワーが流れないようにするために使われます。

リミッター/コンプレッサーにはスレッショルド、アタックタイム、リリースタイム等の設定ポイントがあります。特に最近のリミッター・コンプレッサーはデジタルマルチプロセッサの中に組み込まれていることが多く、調整

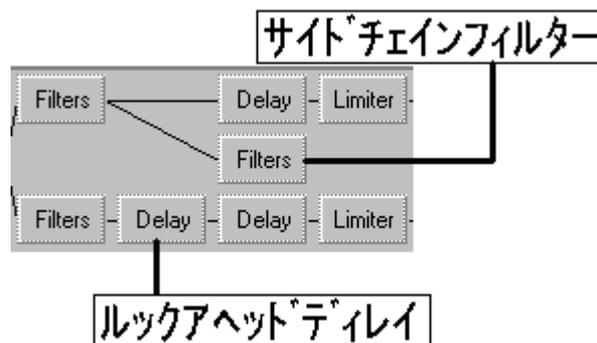
部分も多くなってアナログタイプの製品よりもっと自然感のある調整をすることができます。



## メルリンISP100に使われているリミッター/コンプレッサーのサイドチェーン

今までスピーカーシステムのウィークポイントを避けるには、サイドチェーンがかかるリミッター/コンプレッサーにグラフィックイコライザーを接続してインピーダンスが一番低いポイントにリミッターをかけるという非常に複雑な作業を必要としていたのですが、デジタル処理ができるようになってわずか1Uのラックスペースで対応できるようになりました。

リミッターやコンプレッサーを同じ条件でかけるのではなく、ある特定の条件で動作させるのがサイドチェ



インです。先ほど説明したスピーカーシステムのウィークポイントでリミッター/コンプレッサーを動作させるサイドチェーンフィルターと、これから入ってくるピーク信号を先読みしてリミッター/コンプレッサーに送るルックアヘッドディレイとい

う二つの方式が知られています。サイドチェーンフィルターは主に低域に対して、ルックアヘッドディレイは主に高域に対して使われます。

## サイドチェインの補足説明

### サイドチェインフィルター

スピーカーシステムが一番弱い帯域にリミッターがより強くかかるような設定がされています。サイドチェインフィルターはリミッターの起動のみに使われ、その後何も接続されていないことに注目して下さい。

### ルックアヘッドディレイ

大きなピーク成分を含んだ信号を前段のディレイで読みとってリミッターを動作させます。今まで動作不可能だった瞬時のピーク信号や非常に大きなピーク成分に対して確実にリミッターをかけることが可能になります。

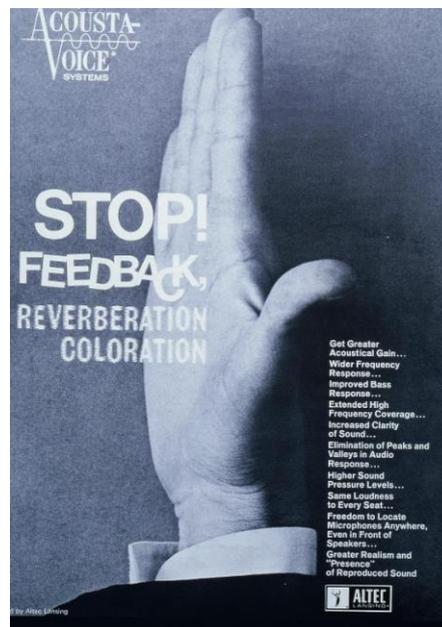
サイドチェインが使えるようになったこととデジタルの非常に早い応答特性によって、パワーアンプの出力監視の必要がなくなり、スピーカーシステム検知ケーブルを使う必要がなくなりました。

## ハウリングの対策

ハウリングを起すと  
スピーカーシステムの高域は簡単に壊れてしまいます。

ハウリングはマイクとスピーカーシステムとの間で発生します。

この破壊対策は、ハウリングを起こす原因を取り除くことしかありません。しかしハウリングを起す条件は**残響による特定の周波数で発生する場合**、マイクとスピーカーシステムのゲインの関係で起こる場合(マイクがスピーカーシステムに近付いた、一度に複数のマイク



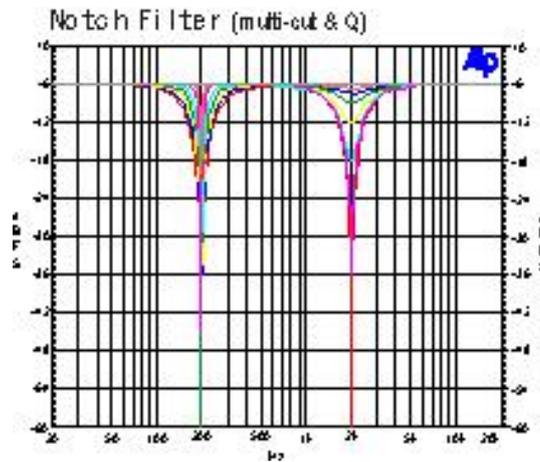
ロフォンを使う)と非常に複雑な条件があります。

熟練したオペレーターがマイクロフォンのゲインを調整できれば(ハウリングが起きそうな場合にはマイクロフォンの入力ゲインを下げる)良いのですが、サウンドシステムが使われているほとんどの場合にオペレーターが付いていないというのが実情です。

Q:ハウリングを起こしやすい周波数帯域がサウンドイメージを変えることなしに除去できますか

A:ノッチフィルタまたはパラメトリックイコライザーを使う

調整可能な周波数帯域の狭いナローバンドイコライザーを作ることが面倒な時代には、ハウリング除去作業は大変な労力を要しました。現在は比較的安い価格でノッチフィルタやパラメトリックイコライザーを手に入れることができます。パラメトリックイコライザーのゲイン減衰のみの機能を持った製品がノッチフィルタです。これらの製品はハウリングを防止でき



る周波数を自由に選ぶことができるだけでなく、選んだ周波数の幅を変えることができますので、音質を変えずにハウリングを防ぐことができます。

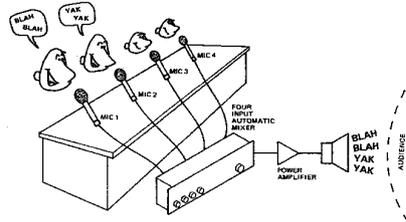
ノッチフィルタやパラメトリックイコライザーはハウリング防止に絶大な効果を発揮してくれます。共にデジタル・マルチプロセッサに含まれており、使用条件により異なるパターン設定が可能です。

参考資料 システムイコライゼーション

Q:マイクロフォンゲインを一定に保つことができますか

A:オートマチック・マイクロフォンミキサーを使うことをお勧めします

複数の方が同時にマイクを使うとハウリングを起こしやすくなります。多くの会社から出ているオートマチックミキサーは、オペレータがいない場合のミキシング作業を助けてくれます。ミキサーの出力を一定にしたり、話しをしていないマイクロフォン入力を閉鎖したりして、ハウリングを起



こしにくいサウンドシステムを作ることができます。

各社で独自の機能を備えていますので、会議、パネルディスカッション、自動操作のどれに使うかの使用目的によって適切な機能を持った製品を選んでください。

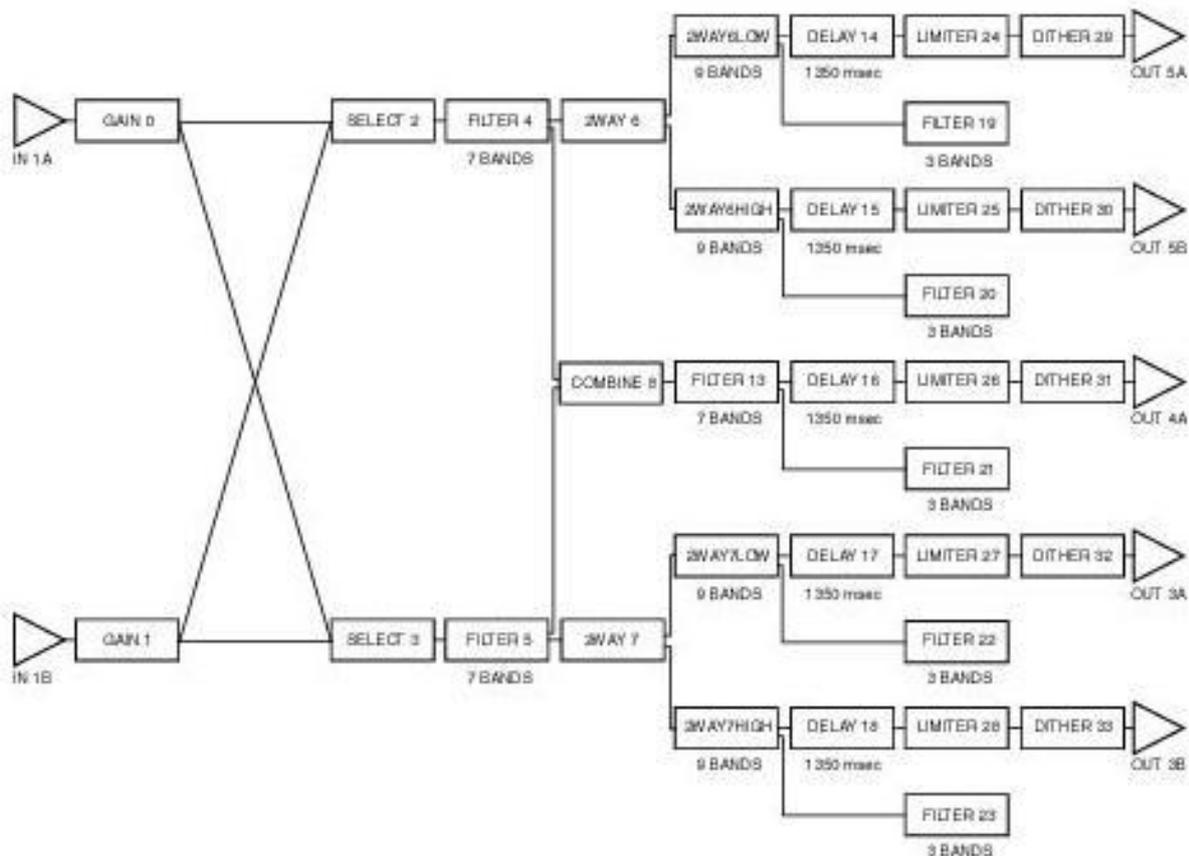
## スピーカーシステムを壊さないための総合的な対策

### A: デジタル・マルチプロセッサを使う

サウンドシステムを使う状況に合わせて様々なパターン設定が可能なデジタル・マルチプロセッサを使うことを強くお勧めします。特にサウンドシステムの操作になれたオペレーターがない場合に、デジタル・マルチプロセッサを使ってスピーカーシステムを破壊しにくいサウンドシステム設定をおこなうのは非常に有効な方法です。

デジタル・マルチプロセッサは調整を誤るとデジタルクリッピングを起こします。デジタルクリッピングはアナログによるクリッピングよりも簡単にスピーカーシステムを壊してしまいます。デジタル・マルチプロセッサの内部レベル設定は慎重におこなってください。

### EX2WCSub

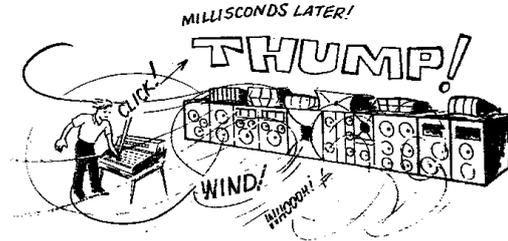


## サウンドシステムの間違った使い方

詳しくは、スピーカーの健康管理を参照して下さい。

1. サウンドシステムの電源投入順序を守ってください。

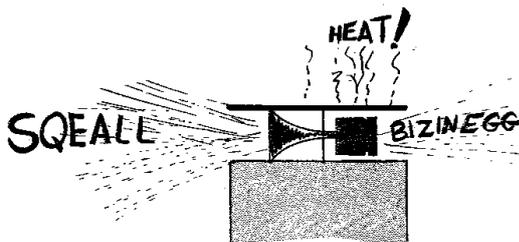
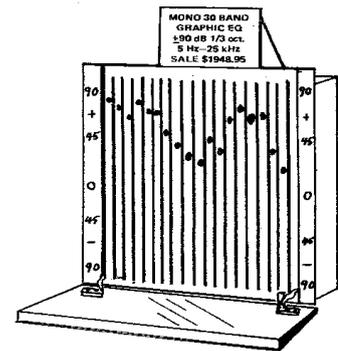
作業を始める場合 →  
パワーアンプの電源は最後に投入  
作業を終了する場合 →  
パワーアンプの電源を最初に切る



2. パワーアンプの電源が入っている状態で、スピーカーケーブルやパッチケーブルの抜き差しは止めましょう。



3. システム系のクリッピングを防ぐために、イコライザーのかけすぎはやめましょう。



4. スピーカーシステムを温度が高くなる場所や、湿気が多くなる場所に設置しないで下さい。

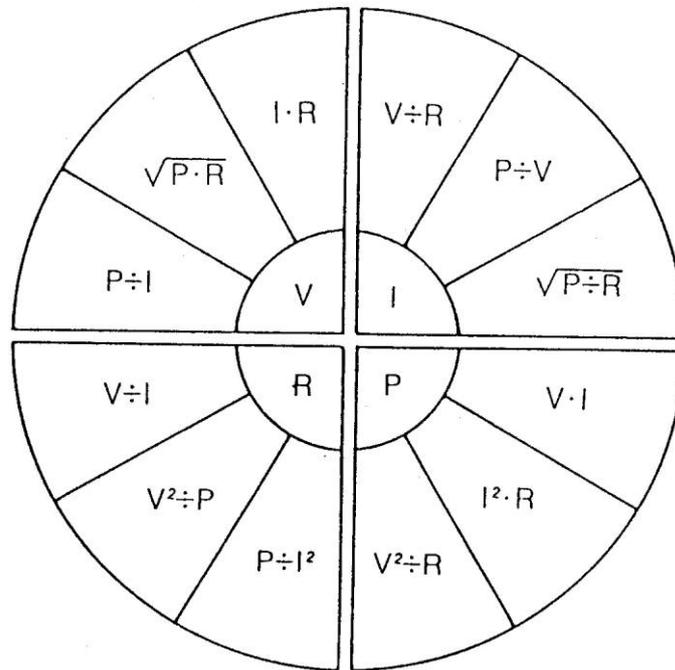
- スピーカーシステムは、使い方によって寿命が大きく違ってきます。

サウンドシステムを使った後で、パワーアンプとスピーカーシステムのクーリングを忘れずにおこなってください。

パワーアンプは電源を入れておかないとファンが廻って内部の冷却をしませんし、スピーカーシステム特

にウーハーはコーン紙が動いていないと内部の冷却がされません。

サウンドシステムをハードに使った後ですぐに電源を切るとスピーカーシステムの寿命を縮めます。



### オームの法則換算表

電力値、抵抗値、電流値、電圧値を求めるのにお使い下さい。

R=抵抗値(インピーダンス値)

P=電力値

I=電流値

V=電圧値