

Sound Engineering

～ 基礎から応用まで～

なまえ

Advanced Creators

- 1 -

-Index-

1. PA とは
2. 音
3. スピーカーの設置
4. マイクロフォンについて
5. スピーカーについて
6. 指向性について
7. ダイレクトボックス(DI / Direct Injection Box)について
8. アンプ(Amplifier)について
9. エフェクターについて
10. エフェクターの基本的な接続方法
11. ダイナミクス系
12. フィルター系
13. 空間系
14. インピーダンスとは
15. 形の違う電力
16. 信号の受け渡し
17. インピーダンスの整合
18. 電気について
19. アナログとデジタルそしてサンプリング
20. 基音と倍音
21. エンベロープ
22. ケーブルについて
23. コネクタについて
24. 音の基準レベル
25. -20dBFS について
26. コンプレッサーの使い方（実践編）
27. 舞台記号と結線図記号
28. 用語集
29. リファレンス CD

ミキシング・音作り編

30. 楽器の基礎事項

31. ドラムの音作り

32. ベースの音作り

33. ギターの音作り

34. キーボード・ピアノの音作り

35. ヴォーカルの音作り

36. ミキシング

37. 位相と音とスピーカー

1. PA とは

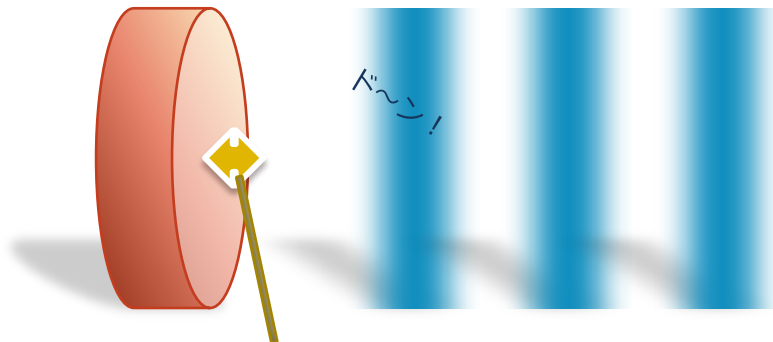
PA (Public Address) のことで直訳すると「公衆へ拡声する」という意味

2. 音

音は何で聴こえるのだろうか。

例えば、

- ドラムを叩くとヘッド(皮)が振動する
- ヘッドが前に出てきたときは空気が押し出される
- 後ろに行ったときは逆
- 押し出された空気が次々と伝わっていく
- 他の楽器も基本的には同じ感じで物が振動することによって音が発生する
 - Gt,Piano,Violin などは弦が振動
 - 人間の声は声帯が振動



- 伝わってきた空気の振動が耳に届き、鼓膜を動かす
- それを「音」として知覚する



音はその周りの空気を押したり引いたりして空気の疎密を次々と作り出している。

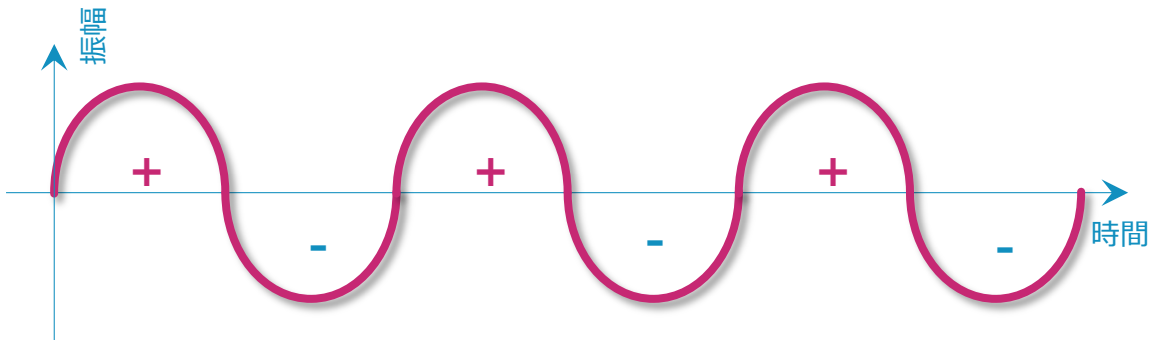
その疎密が空気中を波のように伝わり、音として鼓膜を振動させる。これを「疎密波」という。音を伝える空気の疎密とは、空気が押されて圧力が高くなったり、引かれて低くなったりすることである。

また音の速さは温度によって伝わる速さが異なり、一般的には 340m とされているが実際には違う

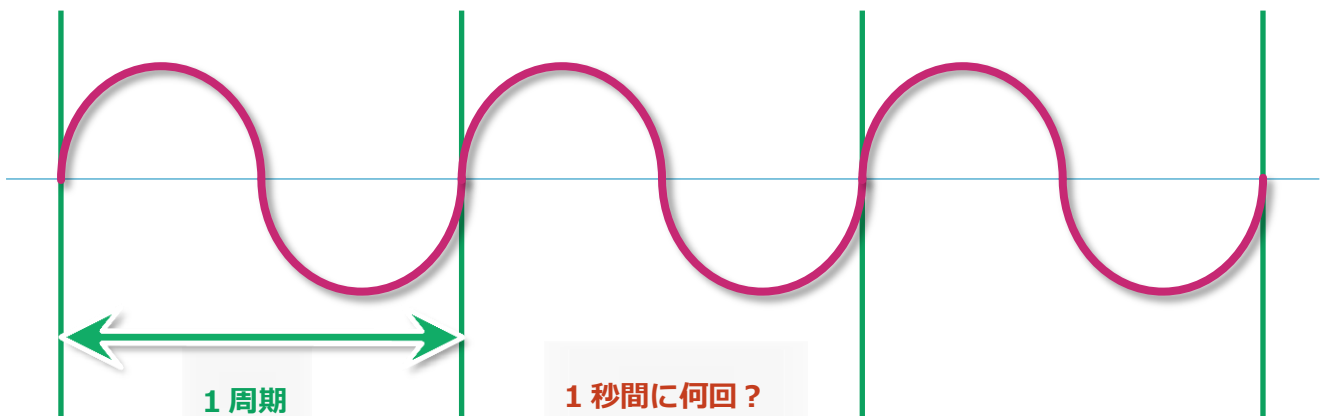
$$\text{音の速さ (V)} = 331.5 + 0.6 (t) \text{ m/秒}$$

2. 1 波形

ダイアフラムが押されたり引かれたりするので、できる電気信号は+と-を周期的に行ったり来たりする形になる。



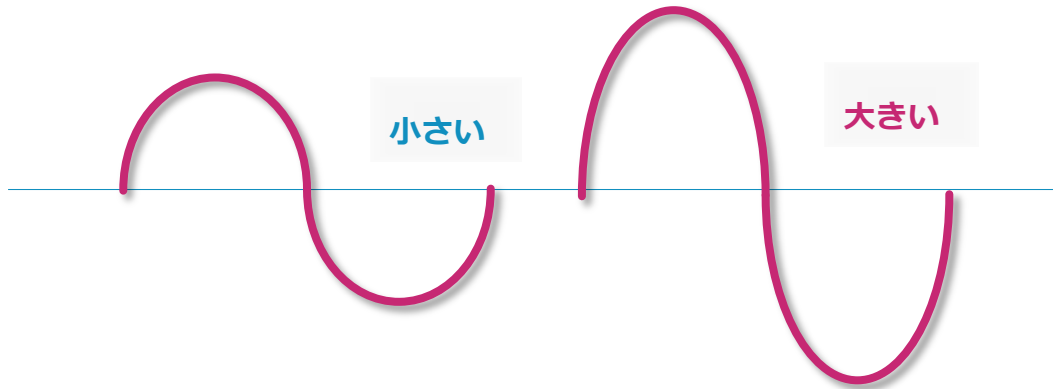
2. 2 周波数



- +と-が 1 秒間に何回行ったり来たりするか
- 単位：Hz (ヘルツ)
 - 440Hz (ラ) … 1 秒間に 440 回
- 周波数が高くなると音は高くなる
- 周波数が低くなると音は低くなる

- 1 オクターブ上がると周波数は **2 倍になる**
- 1 オクターブ下がると周波数は **1/2 になる**

2. 3 振幅



- 振幅が大きくなると音量が**大きくなる**
- 振幅が小さくなると音量が**小さくなる**

2. 4 音の屈折

高校や中学で物理を習うときに屈折を習うときがあると思う。

寒いと音は上方向へ屈折し、暑いと音は下方向へ屈折する。よく夏の夜には電車の音が聞こえず、冬の夜には電車の音が聞こえるという現象が起きるがこれは音が屈折している現象の一つ。

また、これを利用してイベントのスケジュールを立てたりすることが多い。朝だと、温度がまだ上がっていないが、昼だと温度が最高温度に達するので、近くにいる人でもちゃんと音を届けてくれる。

2. 5 音の回折

これは音の性質で、高音域の周波数は直進性があり、低音域の周波数は広がる性質がある。

舞台の人は良く経験しているかもしれないが、スピーカーの後ろにいてよく低音だけが聞こえてくることが多いと思うこれは、音が回折して伝わるという現象だ。また、ホールとかでもホールの外にいても低音が伝わるのは音が回折している証拠。

2. 6 音の吸収

よく音の吸収という言葉を目にするが、音の吸収ってなんですかって思う人もいますと思う。

この音の吸収はお客さんが原因で吸収する。

特に冬場はお客さんが厚着なため、低音がかなり吸収されてしまう。

余談

よく音響を勉強しているとホールは残響約 2 秒で作られているとよく目にする人が多いと思う。

残響とかは今考えないでこの 2 秒というものはどのように作られているのかというと反射板を入れたり、音の吸収を考えたりしている。

3. スピーカーの設置

見切れ

見切れとは、スピーカーがあることによってお客さんからアーティストやステージが見えなくなることを指す。それによって客席を少なくしてしまうということがある。でも、普通のコンサートとかだと絶対したくないですよね。だからよくコンサートではフライングって言って上にスピーカーを吊ってあるんです。それでも 3 階席とかだと見切れが発生してしまうことがあるので音のことを考えつつなおかつ見切れ、防火シャッターなどのことを考えて、スピーカーの置き方を考えるんです。

またスピーカーの設置ではスタッキング方式とフライング方式とがある
簡単に言うと

スタッキングとはスピーカーを何個も積み上げて行う方式（アドバンという学祭のメインステージのスピーカーの置き方）

フライングとはスピーカーを吊る方式

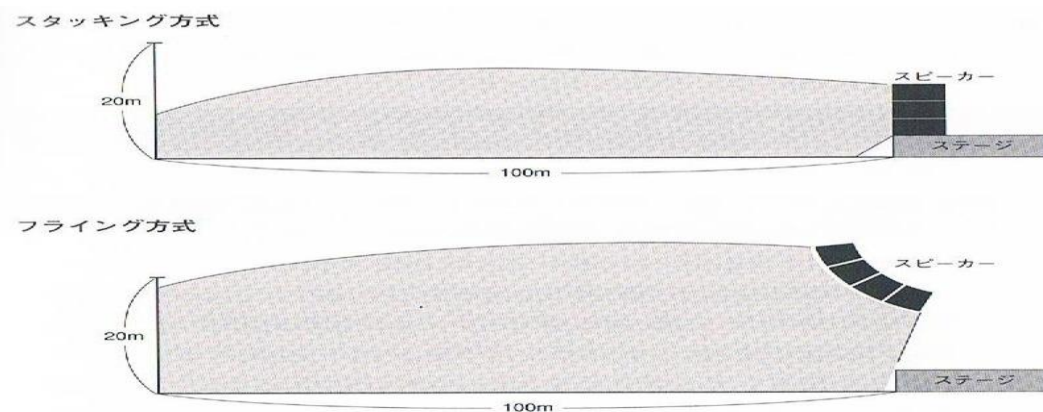
スピーカーはよくフライングすることが多い（フライングができる場所ではだけど）、スタッキング方式だと、高い場所に席があるとスタッキングだと音が届けられない（アドバンでは絶対できないけど）。



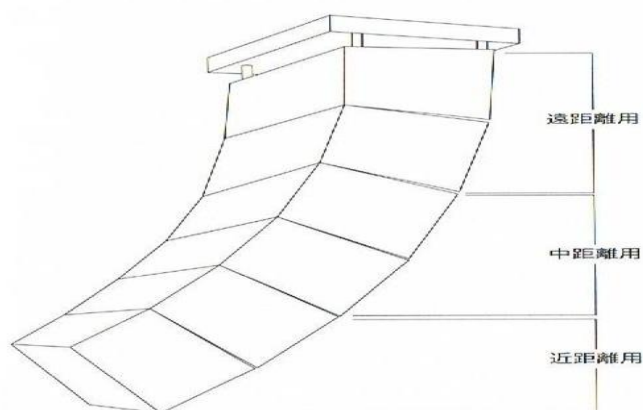
図 2 スタッキング方式



図 1 フライング方式



▲図③ スタッキング方式では、アリーナのスタンド席に音を届けるのは困難だ



◀図④ フライング用のスピーカーは横から見ると湾曲している

4. マイクフォンについて

マイクは、音（空気の振動）を電気信号に変えるための道具ということをまず覚えてください。マイクは大きく分けて「コンデンサーマイク」、「ダイナミックマイク」、「リボンマイク」の三種類に分けることができます。マイクを選ぶことに考えることは、どれだけの音のレンジ(帯域)が必要か、どれくらいピークのある音か、セッティングはしやすいかなどといった項目です。

4. 1 ダイナミックマイク

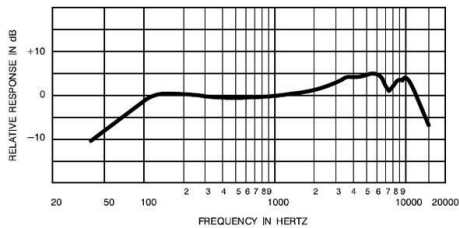
このマイクはダイアフラムという振動版を音(空気振動)が揺らし、それにより電磁誘導の原理によって電気信号が発生する構造になっている。ムービング・コイル型ともよばれる。

構造的にはスピーカーと同じで、役割としては逆になっていると考えてもよい。

ダイナミックマイクの特徴は、「頑丈である」というのがあげられる。よくみるマイク SHURE SM58 がある↓。声を張り上げたときや息がかかって(これを吹かれと呼ぶ)も大丈夫。



ダイナミックマイクのもうひとつの特徴に、構造に由来することだけれども、収録できる音のレンジが広くないということ。



20Hz から 20KHZ まではフラットが必要かという
と必ずしもそうではない！

もちろんマイクの周波数特性はある帯域ですっぱり切れるわけではない！

ダイナミックマイクのまとめ

頑丈である

収録できる周波数帯域が比較的狭い

4. 2 コンデンサーマイク

ダイナミックマイクに比べて、すべての帯域をフラットに収録できるものが多い。

ここで豆知識、コンデンサーとは蓄電器のことで、電極に直流電流を流すことで、ダイアフラムの動きに応じた電荷の変化を電気信号としているんだってさ！

マイク本体に増幅回路を含んでいるので、ダイナミックマイクに比べて出力レベルも高くなるが、マイクのモデルごとに様々で、周波数特性や出力レベルもいろいろ。

「電極に直流電流を流す」と書いたがこの電流をマイクの外から供給してあげる必要があり、一般的に「ファンタム電源」とよばれる電流を供給してあげなければならない。

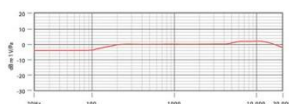
逆にファンタム電源を供給する環境になればコンデンサーマイクを使うことはできない！

コンデンサーマイクの難点は繊細な構造をしているので衝撃などには弱い、湿気にも弱いということ！

advanにあるマイクは NT5、BETA87



NT5 の周波数帯域



コンデンサーマイクの特徴

- 収録できる周波数帯域が広い
- 出力レベルが高い
- 湿気や衝撃に弱い
- ファンタム電源が必要

4. 3 リボンマイク

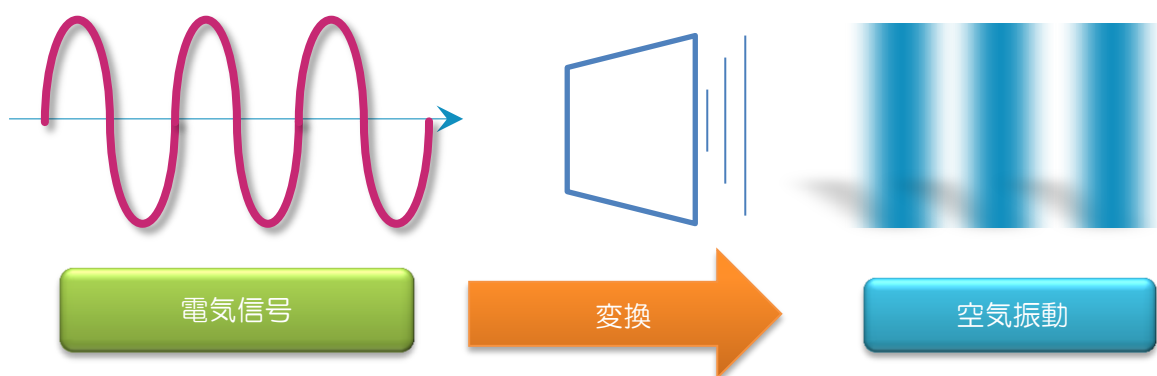
リボンマイクはマイクの中でも歴史が古いタイプで、磁石のあいだに吊り下げたリボン状の振動帯を空気振動が振るわせることで、電気信号を発生させるという構造になっている。小さなリボンが音に敏感に反応するというので一般的に周波数特性は広いのが特徴。ベロシティ(速度)型とも言われている。極端に「吹かれ」に弱い構造で、ショックによりリボンが切れることも多く、扱いには慎重さが要求されるタイプ

リボンマイクの特徴

- 収録できる周波数帯域が比較的広い
- 吹かれに弱い
- 現在は現行機種が少ない

5. スピーカーについて

電気信号を空気振動に変換する機器



振動板を押し引きして、空気を動かし、その空気の疎密（気圧の高低）によって音を作り出す装置。地上に置いてその上に積み上げる物をスタッキング、釣り上げるものをフライング、壁や天井などは埋め込み型と呼ぶ。

すべての周波数帯域を受け持つスピーカーをフルレンジスピーカーといい、帯域ごとに役割を分担したスピーカーをマルチウェイスピーカーと呼び、音の出る部分をユニットと呼ぶ。

スピーカーに搭載されているユニットが高域を担当しているスピーカーをハイボックス、ハイ箱、低域を担当しているスピーカーをローボックス、ロー箱、サブ、サブロー、ウーファーなどという。また、フライングラインアレイなどにおいては上方のスピーカーをアッパー、下方のスピーカーをローと表現する。

スタッキング等において横に並んでいる場合は、外(端側)、中(内側)、上下(かみしも)などで表現する。

サイドフィルはSR,SLと表現するし、SRはStage Right(ステージから見て右手つまり下手)、SLはStage Left(ステージから見て左手つまり上手)で表現する。

低域は空気をゆっくり、強く動かす必要がありユニットは大きくなり、高域は早く、細かく動かす必要があるためユニットは小さくなる。

つまり、より低域を再生したい時は大きいユニットを用意し、大出力のパワーアンプが必要になる。比べて高域はより細かく動かせるように小さくする必要があるほか、低域に比べパワーを必要としない。そのためバイアンプ方式の場合出力は低域が一番大きく、高域になるほど出力が小さくなるがそれでもバランスが取れた状態になる。

例えば、サブ 1200W、ロー1000W、ミッド 700W、ハイ 500W などという構成もざらにある。

また、低域はパワーを必要とするため、より低い低域を再生するためには不要な(再生能力がない、周波数特性外の)音を除去することで、不要な帯域に使っていたパワーを必要な帯域に回せるようになり低域の再生能力が向上する。

スピーカーの構造を知ればわかるが、ツイーターはウーファーやスコーカーよりも奥まった位置にある。つまり物理的には高域が一番遅れて出てくる。

しかし、チャンネルデバイダーによって帯域分割すると低域寄りに遅延が生じるため、電気的には高域が一番早く出てくる。このユニットごとの音の時間差を調整することをタイムアライメント調整という。

また、チャンネルデバイダーによって帯域分割すると使用するフィルター、ユニット数によって位相特性も変わってくるため、必要に応じて位相反転などの措置が必要である。

5. 1 アンプによる分類

パッシブ

アンプを搭載していないスピーカー。アンプを自分で選ぶ事ができるので自由度が高いが躯体が別々のためスペースを取る。

アクティブ

アンプを内蔵しているスピーカー。パワードスピーカーとも。アンプによる音の変化は変えられないが Meyer Sound 社などアンプも含めてユニットを細かく調整されているスピーカーもある。1 個の重量はパッシブより重くなるがケーブルの乱雑さやスペースが少なくすむ。

5. 2 ユニットによる分類

フルレンジ	1つですべての帯域を受け持つスピーカー。
ツイーター(Tweeter)	高音域を受け持つスピーカー。 小鳥などの小動物のさえずりが由来。 HF(High Frequency)とも呼ばれる。
スコーカー (Squawker)	中音域を受け持つスピーカー。ミッドレンジとも。カラスやネズミ、 リスなどの鳴き声が由来。 MF(Middle Frequency)とも呼ばれる。
ウーファー(Woofer)	低音域を受け持つスピーカー。狼や大型犬の唸り声が由来。 LF(Low Frequency)とも呼ばれる。
サブウーファー	ウーファーより更に下の重低音を受け持つスピーカー。

5. 3 エンクロージャーによる分類

密閉型	マーシャルのキャビネット(1960A など) に代表されるスピーカー。
バスレフレックス型	バスレフ型とも。エンクロージャーによって背面の低音の位相を反転しダクトを通し前面に放出することで低域を増幅させる構造のスピーカー。
平面バッフル、後面開口型	JC-120 等に代表される背面が開放されているタイプのスピーカー。
ホーン型	ホーンによって特定の帯域を増幅するタイプのスピーカー。ツイーターも一種のホーン型。トラメガなども。



図 4 マーシャルキャビネット 1960A



図 3 JC120

5. 4 用途による分類

PA,SR 用	PA,SR の外音を目的とした用途。
モニタースピーカー	レコーディングのモニタリングまたは、PA,SR におけるのフット スピーカーの用途。
楽器用	楽器の音を増幅することを目的とした用途。

5. 5 その他

ラインアレイ

直線上に設置し、垂直の指向性を狭く、水平の指向性を広く取り、スピーカー 1 つあたりの効率を上げパワーを下げる方式。タイムアライメント、位相、指向性等様々な制御が行われている。

トーンゾイレ

ラインアレイの原型となったタイプで、フルレンジのスピーカーが搭載されている。タイムアライメント、位相、指向性の制御がされていないため音質が狂いやすい。教室や体育館などの細長いスピーカーがそれ。

5. 6 SR スピーカーの位置における呼称

メイン	名の通りメインスピーカー、外音担当。
インフィル	メインのカバー範囲外の内側を担当するスピーカー。
アウトフィル	メインのカバー範囲外の外側を担当するスピーカー。
センター	間口の広い会場においてメインのカバー範囲外であるセンターをカバーするスピーカー。
サイドフィル、サイド	メインスピーカーの後ろにあり、上下からステージ上をカバーするスピーカー。
バックサイド	サイドの更に舞台奥をカバーするスピーカー。
フット、ウェッジ、コロガシ	演者個人をカバーするスピーカー。1 つのものをシングル、2 つパラってあるものをダブルという。
ディレイ、ディレイタワー	大規模会場においてメインから離れた遠方をカバーするスピーカー。ディレイがかけられている。
カバー	その他、音場の範囲外をカバーするスピーカー。システムによって違う。呼び方も様々。

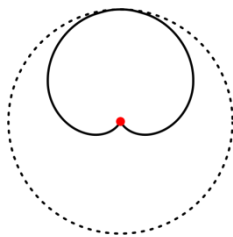
6. 指向性について

指向性とは、マイクの向きによる感度のことです。この指向性は大まかに言って単一指向性(cardioid)、双指向性(figure-8)、無指向性(omnidirectional)の3パターンがあります。

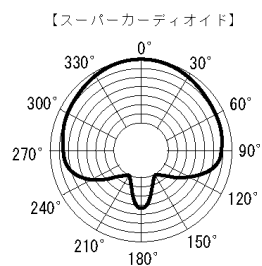
6. 1 単一指向性

単一指向性は基本的にマイクの正面の音を一番収録し、背面の音はほとんど収録しない。目的の楽器の音だけを収録する際には有利な指向性。他の楽器の音や部屋の反射音がマイクに入り込む(かぶりと呼ぶ)のをある程度防ぐことができる。

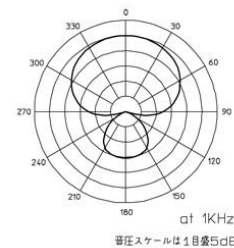
単一指向性には、特性をさらに鋭くしたスーパー・カーディオイド、それをさらに鋭くしたハイパー・カーディオイドがある



カーディオイド



スーパー・カーディオイド

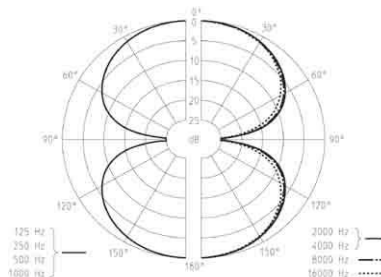


ハイパー・カーディオイド

6. 2 双指向性

両指向性とも呼ばれる。

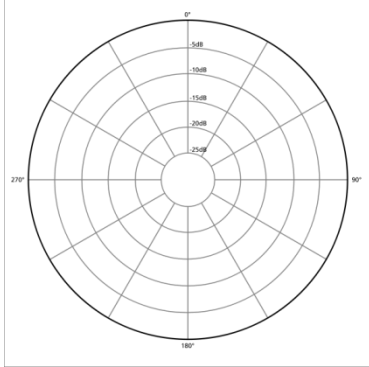
マイクの前面と背面が等しく感度が高いという指向性。一般的な使い方としては2人のコーラスがどうしても一緒に歌いたいといった場合などに、一本のマイクに立って歌ってもらうといったことが考えられる。



双指向性

6. 3 全指向性(無指向性)

全方向に対して感度を持つ指向性。



無指向性

6. 4 指向性と周波数特性(F 特性)

指向性を変えれば音質(周波数特性)も変わる

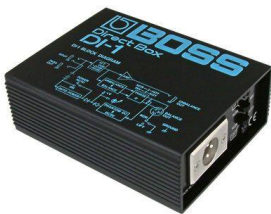
同じ周波数特性のまま、指向性が変化することはありません

指向性を変化させるのは、ケーブル類は接続したままで OK(ファントム電源が入っていても OK)。変更時には衝撃があるので、ミュートをするのが基本！

7. ダイレクトボックス(DI / Direct Injection Box)について

Ba,アコギ,Key などライン録りするときに使う。本名は Direct Injection Box と呼ばれるが、長いので DI (ディーアイ) と呼ぶ。この DI の役割は 2 つで、**ハイインピーダンスをローインピーダンスに変換する事と、アンバランス転送をバランス転送に変換する事だ。**

アドバンでは BOSS の DI-1 が使われている。





UNBALANCE OUT	これは単純な入力のパラではなく、内部回路を通してインピーダンス変換をしてからの出力。だから後述の ATT も当然有効。
PARA OUT	入力のパラ出力
INPUT	入力
POWER	「AUTO」と「ON」があるけどこれは必ず「ON」側にしておく。「ON」側にしておいても「INPUT」にフォンを挿さない限り電源が入る事はない。じゃあ「AUTO」というのは何かというと、入力信号が入ってきた時に電源を入れ、入力信号がとぎれたら電源を切るといいうわば「省エネモード」だ。このモードは電源が入ったり切れたりする事によって、ノイズがでてしまうので使いにくい。
ATT	アッテネーターと呼ぶ。信号のレベルを下げる(減衰させる)もの



BALANCE OUT	バランス出力
φフェイズ	位相反転スイッチ
グランドリフト	ノイズがでている場合、このスイッチを現状と逆の方にとするとノイズが消える事もある。通常はどちらでもいい。ただし ファントム電源 を使用している時に、グランドリフトを LIFT 側にとすると ファントム電源から電源を供給できなくなってしまうので注意。

8. アンプ(Amplifier)について

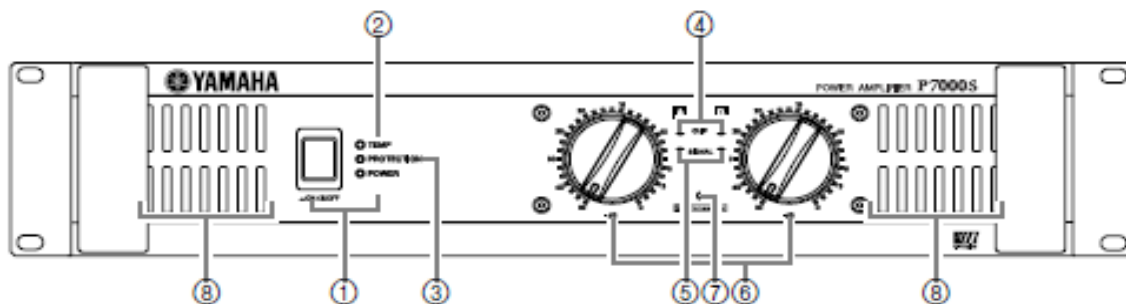
アンプは入力された電気信号を増幅し出力する。ようは、増幅器のこと。一般にアンプと呼ばれる。音響においてはスピーカーなどを駆動する目的で使われる。アンプにもさまざまなものがありヘッドホンアンプ、AV アンプ、パワーアンプ…などがある。

アドバンで使われているのは、パワーアンプと呼ばれる種類のアンプ。

アドバンで主に使われているアンプは

名称	出力：消費電力
P2500S	250W:320W
PC3500	350W:450W
P5000S	500W:500W
P7000S	700W:650W

ほかにもアドバンにはアンプがあるが、上記のものがほとんど使われる。

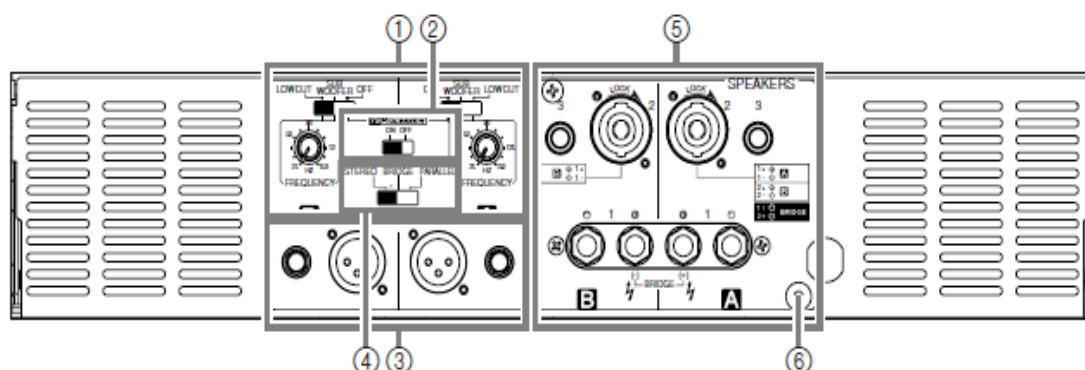


P7000S のアンプを例に、アンプに搭載されている機能を説明する。

まずは、フロントパネルから(⑧は除く)

① POWER スイッチ / インジケーター	オン / オフするスイッチ
② TEMP インジケーター	ヒートシンクの温度が摂氏 85 度を超えると、インジケーターが赤色に点灯
③ PROTECTION インジケーター	アンプ出力端子に DC 電圧が出力されている場合やヒートシンクが過熱状態の場合に、保護回路が作動しインジケーターが赤色に点灯
④ CLIP インジケーター	出力信号が歪むとインジケーターが赤く点灯します。アンプに過大入力加わり、クリップしていることを示す。
⑤ SIGNAL インジケーター	出力レベルが一定を超えると、緑色に点灯
⑥ ボリューム	-∞ dB から 0 dB まで、31 段階の音量調節
⑦ YS Processing インジケーター	リアパネルの YS PROCESSING 切り替えスイッチ ON にすると黄色に点灯

次にリアパネル



① FILTER スイッチ、FREQUENCY 調整つまみ	チャンネル A、チャンネル B それぞれでフィルターのタイプを選択し、カットオフ周波数を調節することができる。詳細は後述
② YS Processing 切り替えスイッチ	スピーカーの低音域を補正します。オンしたときの低域のバランスは、使用されるスピーカーによって異なる。フィルター切り替えスイッチで OFF が選択されているときだけに有効。
③ INPUT 端子（チャンネル A、B）	入力端子 XLR,TRS フォーン端子入力可
④ STEREO/PARALLEL/BRIDGE モード切り替えスイッチ	STEREO、PARALLEL、BRIDGE の各モードの切り替えスイッチ。詳細は後述
⑤ SPEAKERS 端子	スピーカーへ出力する端子
⑥ GND 端子	アース用のネジです。ハムや雑音が生じる場合には、この端子から大地アースを施すか、ミキサーかプリアンプなどのシャーシと接続してみてください

① の詳細

Off…フィルターの設定をオフにします。

SUB WOOFER…ローパスフィルターが有効になります。FREQUENCY 調整つまみで指定した周波数以下の信号を、サブウーハースピーカーへ出力します。

LOW CUT…ハイパスフィルターが有効になります。サブソニックなどの不要な低域をカットします。

SUB WOOFER もしくは LOW CUT を選択しているとき、FREQUENCY 調整つまみでカットオフ周波数を 25 Hz ～150 Hz の間で調節できます。

② の詳細

STEREO モード…STEREO モードでは、チャンネル A と B が別々に駆動する（一般的なステレオアンプとなる）チャンネル A の入力信号がチャンネル A の出力端子から、チャンネル B の入力信号がチャンネル B の出力端子からそれぞれ出力される。

PARALLEL モード…PARALLEL モードでは、チャンネル A の入力信号がチャンネル A と B の両方の出力端子から出力される。チャンネル B の入力端子は使用しない。チャンネル A と B のボリュームは別々に調整できる。

BRIDGE モード…BRIDGE モードでは、チャンネル A の入力信号が BRIDGE の出力端子から出力される。このときボリュームはチャンネル A のボリュームで調整。

9. エフェクターについて

エフェクターのなかには、

1. ダイナミクス系（コンプレッサー/リミッター/エキスパンダー/ノイズ・ゲート）
 2. フィルター系（イコライザー/エキサイター/フィルター/ワウワウ/トーキング・モジュレーション/ボコーダー）
 3. 歪み系（ファズ/オーバードライブ/ディストーション/…）
 4. 空間系（ディレイ/エコー/リバーブ/…）
- などがある

そして具体的にはどのようなことをしているのか

ダイナミクス系：音量を調整するエフェクター

フィルター系：倍音構成を変化させるエフェクター

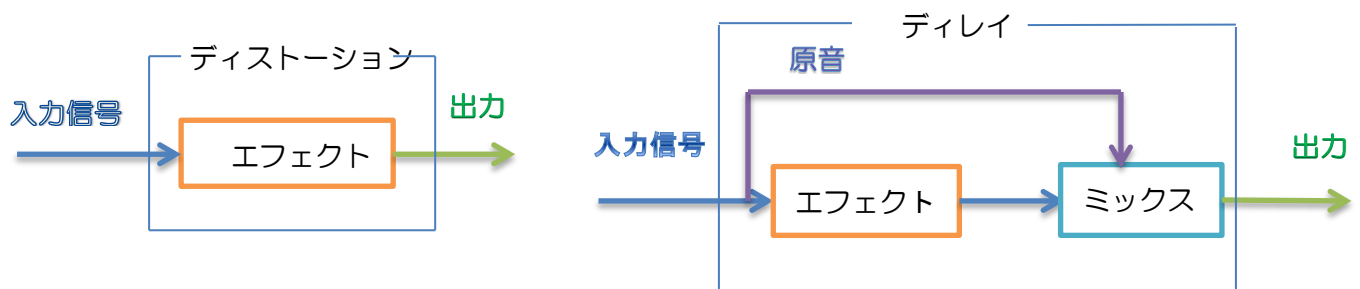
歪み系：音を歪ませるためのエフェクター

モジュレーション系：音を周期的に変化させるエフェクター

空間系：音に広がりを与えるためのエフェクター

10. エフェクターの基本的な接続方法

接続方法は主に 2 つに分けられる



11. ダイナミックス系

11.1 コンプレッサー/リミッター

コンプレッサー/リミッターは、決められた**限界（リミット）**を超えた大きな音を、決められた**割合で圧縮（コンプレス）**するエフェクターのこと。

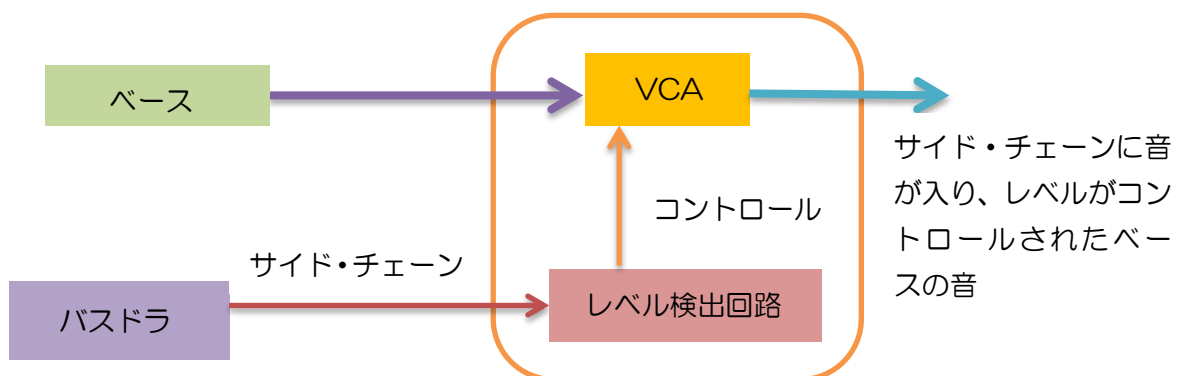
- ・入力信号が決められたレベルを超えると、その大きすぎる部分があらかじめ設定された割合で圧縮される。

- ・圧縮が始まるレベルをスレッシュホールド、圧縮する割合をレシオ、実際に圧縮された音量をゲイン・リダクションという。

- ・入力信号がスレッシュホールドを超えてからレシオで決められた割合に圧縮されるまでの時間をアタック・タイム、入力信号が再びスレッシュホールド以下になってから圧縮が止むまでの時間をリリース・タイムという。

また、コンプレッサー/リミッターには、サイド・チェーンと呼ばれるインプットを装備したものがあるよ。レベル検出回路の手前に別の信号を割り込ませるためのインプットで、ここから入った信号はアウトプットからは出力されず、あくまでレベル検出用にのみ使われる。これを使えば通常の入力からの信号を全くベルの信号の強弱に合わせて圧縮することができる。

よくわからないと思うので、例えばベースにコンプレッサーをインサートさせてサイド・チェーン入力にバスドラを入れる。バスドラが鳴った時だけベースの音量を下げることができるんだよ。



11.2 エキスパンダー/ノイズ・ゲート

エキスパンダーとは、コンプレッサーやリミッターとは全く逆の働きをするエフェクターだよ。

コンプレッサー/リミッターが一定レベル以上の入力信号を圧縮してダイナミック・レンジを広げる働きをする。

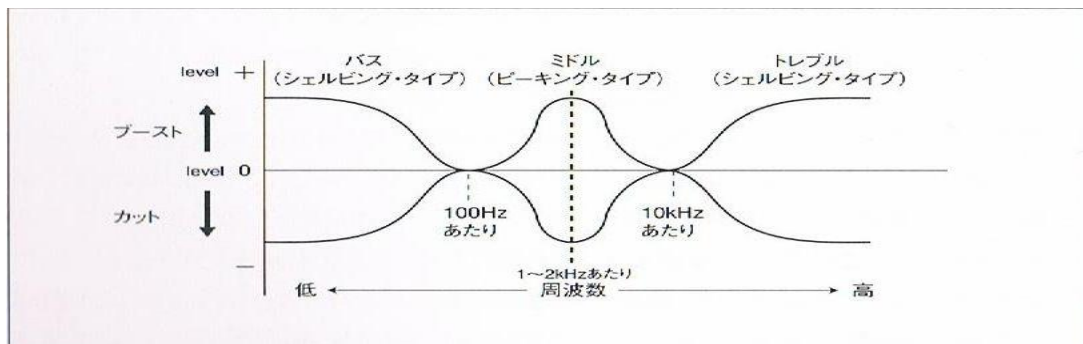
ノイズ・ゲートは、入力信号が一定レベル以上ならそのまま通過させ、それ以下なら大幅に圧縮して音量を下げる。こうすることで休符部分のギターアンプのノイズなど、音楽的に必要のないノイズを簡単に取り除くことができる。このときに圧縮が始まるレベルをスレッシュホールドと呼ぶ。またスレッシュホールド以下の入力信号が大幅に圧縮されて聴こえなくなることを「ゲートが閉じる」、入力信号が再びスレッシュホールド・レベルを超えて聴こえるようになることを「ゲートが開く」というのだよ。

また入力信号がスレッシュホールド以下になってゲートが閉じ始めてから、ゲートが完全に閉じて音が聴こえなくなるまでの時間をリリース・タイムと呼ぶ。通常リリース・タイムは、楽器音の終わりの部分が不自然に切れないようにある程度長く設定する。

12. フィルター系

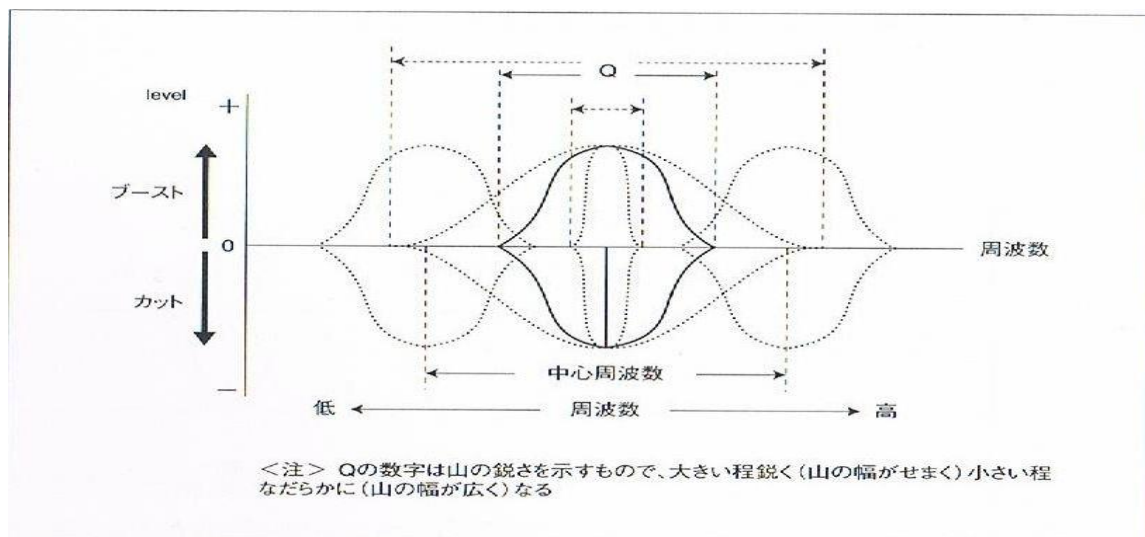
12.1 イコライザー/エキサイター

イコライザー/エキサイターは、倍音構成を変化させて音色を変えるエフェクターのこと。決められた周波数を境にそれより上や下の周波数をブーストしたりカットしたりするイコライザーのことを**シェルピング・タイプのイコライザー**と言い、決められた周波数とその周辺の倍音を強調したり削ったりするイコライザーのことを**ピーキング・タイプのイコライザー**という。



また、ギターアンプ、ミキシングコンソールなどに設置されているイコライザーのことを**パラメトリックイコライザー**といい31バンドイコライザー、10バンドイコライザーなどと呼ばれ周波数帯域ごとに並んだスライドボリュームの位置によって周波数特性が視覚的にわかることから**グラフィック (視覚的な) イコライザー**と呼ぶ。違いは、中心周波数が固定されているグラフィックイコライザーに対して、中心周波数を変えられるようにしたものがパラメトリックイコライザーなんだ。

レコーディング・スタジオなどのミキサーの各チャンネルでは、「Q」と呼ばれる周波数帯域の幅を変えられるコンソールが多い。



13. 空間系

空間系エフェクターとは、様々な残響を付加することによって、文字どおりその音の鳴っている空間をシミュレートするエフェクターのこと。

13. 1 ディレイ/エコー

一般のひとがエコーと言われてすぐ思い浮かべるのはいわゆる「やまびこ」と呼ばれているもの。山頂から遠くの山に向かって” ヤッホー！” と叫ぶと、しばらくして向こうから返ってくる。音の速さは常温で秒速 340mほどだから、隣の山までの距離が 340mならあなたの声が向こうの山に届くまで 1 秒、跳ね返って自分の耳に聴こえるまで 1 秒合計で 2 秒の遅れ（ディレイ）として聴こえるわけ。

13. 2 リバーブ

簡単にいうと、リバーブとはディレイの集まりだよ。ディレイのところで例に挙げた「やまびこ」のような状況は、日常生活の中ではなかなか起こらない。普段私たちが聴いている残響音（リバーブ）は、より複雑なディレイの集合と考えればいい。

ごく単純な四角いなんにもない部屋の中にいるという状況でも、あなたの声やあなたが立てる物音には、数えきれないくらいの異なったディレイ・タイムを持った残響音がついてくることになる。そしてその残響音は、部屋の大きさや形、壁や床の材質などによって音質や長さを変える。

残響音には壁や床に跳ね返って直接あなたの耳に届く初期反射音（アーリー・リフレクション）と呼ばれるものと、いろいろな場所に何度もぶつかっては跳ね返った後でやっとあなたの耳に届く残響音とがある。

雑談だが、バラバラのディレイと書いたが、なぜまとまった残響音に聴こえるのかというと、これは人間の聴覚の限界と関係があるらしい。人間の聴覚が聴き分けることのできる 2 つの音の時間差の限界は、普通の人で 20msec(20/1000 秒)前後まで、プロ・ミュージシャンでも 5~10msec 程度が限界らしい。

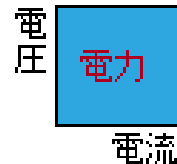
これも雑談だがよくコンサートホールなどの残響音は約 2 秒で作られる。空席時の時には残響時間が少し長く、客は入って、音が吸収されることも考えて客が満席の状態になるときに残響が約 2 秒で働くように設計してある。

14. インピーダンスとは

インピーダンス（交流抵抗）とは

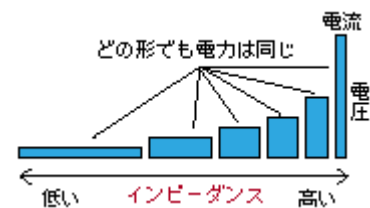
「信号に対する抵抗値」のこと。

音響機器が信号を受け渡しする場合、その信号の実体は、電圧でも電流でもなく**電力**だ。知っての通り電力は、電圧と電流の積（電圧×電流のこと）。例えば 10W の電力を送るときに電圧が 1V で、電流が 10A の形で送ったとしよう。抵抗値＝電圧÷電流だった 1V の時に 10A 流れるのだったら抵抗値は 0.1 オームになる。この抵抗値がインピーダンスということ。



15. 形の違う同じ電力

それで同じ 10W を送るとして 10V、1A の形で送ったとしたら抵抗値は $10V \div 1A$ で 10 オームになる。1V、10A の形で送った時が $1 \div 10$ で 0.1 オーム。10 オームと 0.1 オームを比べると 100 倍の抵抗値、つまり 100 倍のインピーダンスになっている。このように



同じ信号を送るにも

ハインピーダンスの形で送るのか、

ローインピーダンスで送るのかの選択がある。

でも、**スピーカーを除く音響機器で、信号として必要としているのは、電圧なんだわさ。**（なぜ電圧なのかマイクっていうのはど

ういう構造になっているのか。ダイナミックマイクはダイアフラムという振動版を音によって揺らして、それによって電磁誘導の原理によって電気信号が発生する構造で、コンデンサーマイクだと電極に直流電流を流すことで、ダイアフラムの動きに応じた電荷の変化を電気信号にしている。その電気信号がケーブルに入っていてミキサー、アンプ、スピーカーを通してお客さんに聴いていただく）

16. 信号の受け渡し

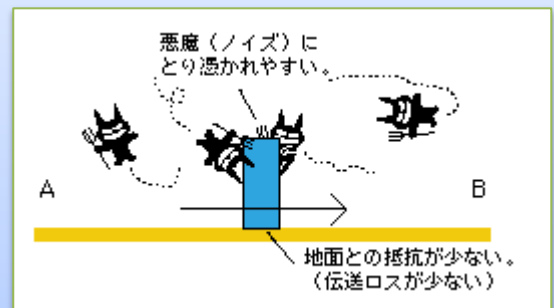
さてあなたは A 点から B 点に信号という荷物を送らなくてはなりません。地面の部分ケーブルとすると、ケーブルの周りには、自然の落雷ノイズから人工的な違法電波まで、信号には必要のないノイズがうようよしてるわけだ。



16. 1 ハイインピーダンスの場合

ここで背の高いハイインピーダンスで信号という荷物を送ったとすると、信号を送ることはできるんだけど背の高い

(インピーダンスが高い) 分だけノイズを拾ってしまい何の問題もなく確実に B 点に送り届けられない。



ハイインピーダンスでの受け渡し

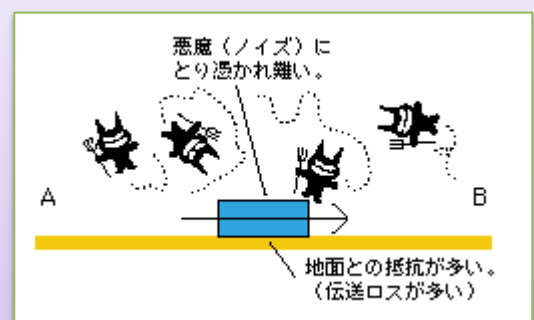
16. 2 ローインピーダンスの場合

今度は背の低いローインピーダンスで送ったとすると、信号を送るにはパワーはあるんだけど、

背が低い(インピーダンスが低い) 分、ノイズには強い

(確実に B 点にまで送れるよね)。

だからノイズを拾いにくく確実に送り届けるには、インピーダンスは低いほうがいいというわけ。



ローインピーダンスでの受け渡し

17. インピーダンスの整合

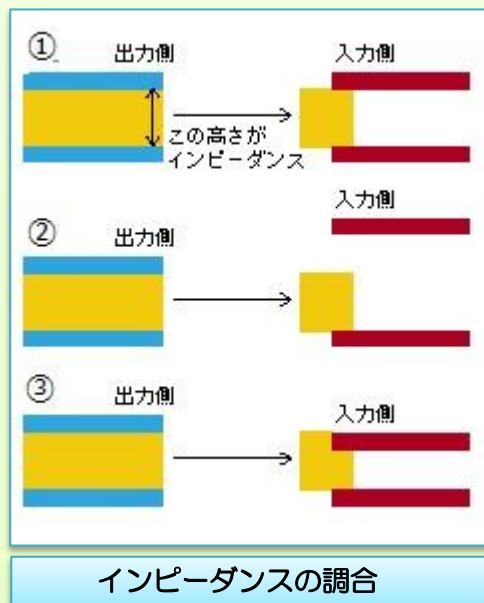
ローインピーダンスで信号を出力するまではいいとして、今度は信号を受ける側のインピーダンスをどうしようかという問題がでてくる。

受ける側のパターンは3つある。(図4参照)

①出力側と入力側のインピーダンスが全く同じ

(これをインピーダンスの整合とかインピーダンスのマッチングという) このときが一番ロスのない伝送が出来る。実際音響システムでは可能な限り入力や出力のインピーダンスを同じにしている。

インピーダンスが揃っていると、出力側の電圧と電流は、入力側の電圧と電流に等しくなるので、出力側が 0dB の時は入力側に現れる信号も 0dB になる。



②出力側のインピーダンスに比べて入力側のインピーダンスが大きい

この場合は伝送ロスはあるものの、一応信号の受け渡しは出来る。

③出力側のインピーダンスに比べて入力側のインピーダンスが低い

この場合は信号の受け渡しが上手く行かず、歪みや高域の劣化を生じる。
だから音響システムでは

出力側のインピーダンスに比べて入力側のインピーダンスが低い事は絶対にあってはいけない。

これを一般に「**ロー出しハイ受け**」といっている。

18. 電気について

PA で必要条件となってくるのが電気の知識です。音響機器に書かれている W(ワット) やインピーダンスなどなんのために書かれているかを知るのも PA になるための一つです。

ただ理系科目は苦手という方も多くいますが、なるべくわかりやすいように書きます。

電気というのは大きく分けて二つあります。一つは、直流(DC=Direct Current)。もう一つは交流(AC=Alternating Current)です。

直流の特徴

- ・電圧(V)が変化しない。例：乾電池、携帯の電池パック(リチウム電池)などのもの

交流の特徴

- ・電圧(V)が周期的に変化する。例：音響機器、照明機器など

音響機器はほとんどの場合、交流を使用します。そして東日本の東京電力が 100[V]/50[Hz]、西日本の関西電力が 100[V]/60[Hz]の電流が基本です。この[Hz]が電圧を変化する周期となっています。この周期は一秒間に〇回の周期で変動する電流が〇Hz という意味です。

そして PA で使用する音響機材は、すべて電気によって動いています。また、音響機器間を信号が行き来するとき、その信号は電気の信号となってケーブル内を伝わっていきます。音に関する現象は感性の面が重要ですが、それに伴う音響機材はすべて物理法則に従って動きます。音響機材を扱う上で、機材を効率よく使ったり、機材の特性、安全な使い方を知るためには、電気の基礎的な知識を持つことが必要です。とはいえ、必要なのはそれほど難しい専門的な分野の知識ではなく、ごくごく一般的な、高校の物理などで習った内容ばかりです。正直計算式なんかはだいたい覚えていれば OK ですから、知識として、頭の片隅にでも置いておいてください。必要になったときに、この資料を見るなり自分で調べるなりしてみましよう。

18. 1 電気って？

電気とは、帯電した物質内の自由電子が移動する現象のことです。とかいってますが、こんなことは別に知る必要はありません。認識として、次のように覚えておいてください

電流は、電気の流れる量である。

電圧は、2 点間の電位差である。

抵抗は、電流の流れにくさを表したものである。

言葉で書くとやや難しく感じますが、水の流れて例えれば、電流は流れている水の量、電圧は水の流れ落ちる高さ、抵抗は水の流れを妨げる障害物です。おそらく中学や高校ではこのようなイメージで習ったと思います。

18. 2 電気の計算式

電気の計算で必要になる式は、とりあえず今は以下の 2 種類のみです。他は知らなくても構いません。なお、それぞれ使う単位と記号は以下の通りです。

	信号	単位
電圧	$E(V)$	ボルト[V]
電流	I	アンペア[A]
抵抗	R	オーム[Ω]
電力	P	ワット[W]

【オームの法則】 $E = I \times R$

→電圧は抵抗と電流に比例する。

【電力】 $P = E \times I$

→電力は 1 秒間あたりにその電気が可能な仕事量を表す。

これらの式は非常によく使われるので、必ず覚えてください。

オームの法則を見ればわかるように、抵抗(またはインピーダンス)が高ければ電圧が同じでも流れる電流は少なくなります。

18.3 抵抗と熱

電流が抵抗を流れるとき、抵抗で消費されるエネルギーは熱となって表れます。この熱は抵抗の量、電流の量に比例して大きくなります。つまり、電流値が同じであれば抵抗の高いものほど、抵抗値が同じであれば電流が大きいほど、電気を流したときに大きな熱を持ちやすい、ということです。

音響機材では、主に各種ケーブルとスピーカー、アンプについてこの熱の問題を考えることが多いです。ケーブルもスピーカーもアンプも内部に抵抗を持っており、電気を流すと熱を持ちます。多大な加熱は機材に悪影響をもたらしますので、注意が必要です。

18.4 直列（シリーズ）と並列（パラレル）

電気抵抗の接続方法のことです。抵抗となりえるものを一列に繋ぐことを直列、回路を分けて並べて接続することを並列といいます。直列と並列では合成抵抗値が違いますので、注意してください。この概念は主にスピーカパラなどで使います。

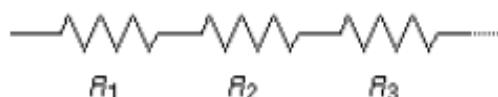


図 5 直列接続

$$\text{合成抵抗値 } R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

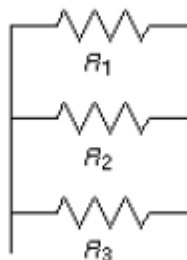


図 6 並列接続

$$\text{合成抵抗値 } R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

18.5 直流と交流

上記でも説明したが、詳しく説明しておこう。

これもまた、電気の世界では重要な概念になる。

直流：電気の流れる方向が一定の電源

交流：一定の時間で電気の流れる大きさと方向が周期的に変化する電源

このうち、重要なのは**交流**です。日本の一般的な家庭用コンセントから得られる電気は、交流 100V 電源です。

主な違いとしては、

- ・ 直流ではコイルは抵抗にならず、コンデンサは無限大の抵抗となる。
- ・ 交流ではコイル、コンデンサともにある値の抵抗になる。

ということが挙げられます。交流を流したときのみに発生するコイル、コンデンサなどの抵抗をインピーダンスといいます。インピーダンスは音響機材の性質、使い方と非常に深い関係がありますので、覚えておいてください。音響機材では抵抗よりもインピーダンスを扱うことのほうが多いですが、基本的な扱いは抵抗（上記式の R ）と同じです。

18.6 消費電力

電気を使用する機器は、どんなものにも消費電力が決められています。これはその機械を動かすのに必要な電力の量を表しており、使用している間は常に消費電力分の電力が使われています。

アドバンで使われている音響機材の中で、消費電力が大きいのはパワーアンプです。だいたいひとつあたり 300～650W と、その他の機材に比べ非常に多くなっています（卓機材は数 10W～100W 前後）。

注意しなければならないのは、**コンセントに記されている許容電力量より高い電力は得ることが出来ない**、ということです。日本の家庭用コンセントはほとんどが **1500W** までとなっていますので、例えば『ひとつのコンセントから、タップを介して 500W のアンプ 2 台と 300W のアンプ 2 台を繋ぐ』といったことは出来ません。

18. 7 系統

ほど『コンセントに記されている許容電力量より高い電力は得ることが出来ない』と記述しましたが、それ以外にも**系統**という重要な仕組みがあります。

日本の場合、ひとつのコンセントは 1500W ($=15\text{A} \cdot 100\text{V}$) が定格になっていますが、通常ひとつのコンセントのみに 1500W 割り当てられることはありません。普通は 1500W を 1 系統として、1 系統を複数のコンセントに割り振る事のほうが多いです。

例えば、『壁についているコンセントは全て同じ系統』であれば、『壁についているコンセントで使える電力は、合計で 1500W』ということになります。ですので、例えば合計消費電力が 2000W になる機材をふたつのコンセントに分けて配線したとしても、そのコンセントが同じ系統であれば、系統内で 1500W を超えてしまっている為、使用することが出来ません。

電源を確保するときは、許容電力量の他にも、系統にも注意を払いましょう。

18. 8 アース(Earth)

電圧は 0V を中心にして＋、－があります。それはエネルギーの向きが逆だけで圧力、強さは変わりません。そして一般的には、0V の場所をアースと言います。アース(Earth)すなわち地球が 0V です。家庭用の壁コンセントは、100V の電圧です。コンセントをよく見ると 2 本の溝があり、そこに AC コードを差し込んで電気製品を使用しています。そこで、もう一度よく溝を見てください、長い溝と短い溝があることに気が付きます。

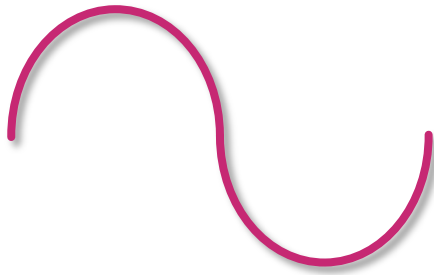
なぜこんな区別があるのだろうか、実は、長い方の溝が地球につながっているのです。そして、地球につながっている方をグランド側(ground)、短い方をホット側(Hot)と呼んでいます。そして、グランド側は 0V なので触っても感電しないが、ホット側には 100V の電圧がかかっているため触ったら感電します。また工事などでホットとグラウンドが逆になっている場合があるのでむやみにさわらないように!!

また、3 線式で配線しているコンセントでは長い溝をコールド(Cold)と呼び、短い溝をホット、丸い穴をグランドになっているので、ホットで電圧を流し、コールドで余った電圧を戻し、全体の規定値のアースで 0V に戻すというサイクルとなっているので、3 線式はバランス型となっているのがわかる。逆に、ホットとグランドしかない 2 線式はアンバランス型というように呼んでいる。なので極力、3 線式でつなげられるものは電源変換を使わないでコンセントにさそう。

19. アナログとデジタルそしてサンプリング

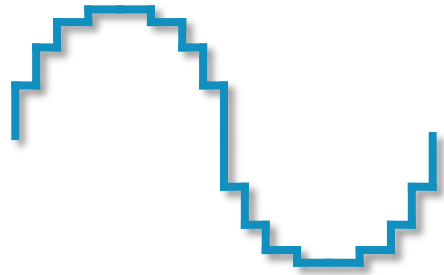
- アナログ

連続的に変化



- デジタル

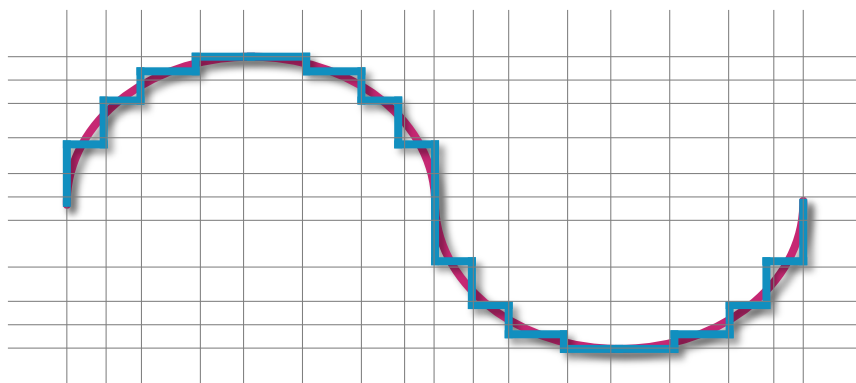
離散的に変化



アナログ→デジタルに変換することを **AD 変換**といい、デジタル→アナログに変換することを **DA 変換**という

19. 1 デジタルに変換する

デジタルデータは、アナログ信号を一定の間隔で区切って、区切ったところの値を記録している。



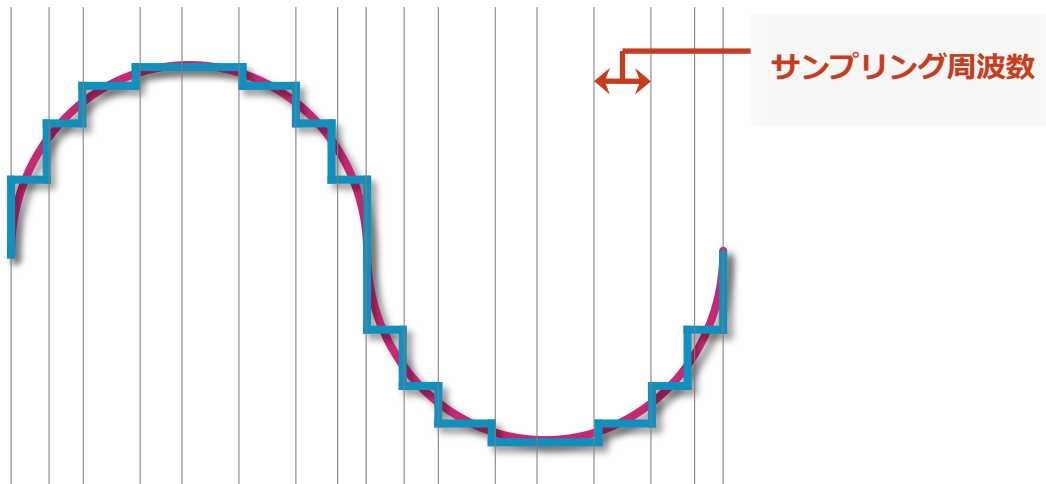
下記の 2 つのプロセスで区切っている

1. **サンプリング**
2. **量子化**

19. 2 サンプルング

サンプルングは時間軸で一定時間に区切ることをいい(横軸は時間)、1秒間をどれぐらいの間隔で区切るかというのを**サンプルング周波数**(サンプルング・レート)という。

例えばCDは**44.1kHz**なので1秒間に44,100回区切っていることになる。



18. 2. 1 サンプルング周波数

サンプルング周波数とは、音声をデジタル信号に変換する**標本化**の際に、**単位時間あたりに標本を採る頻度**のこと。

=1秒間あたり何回サンプルングするか

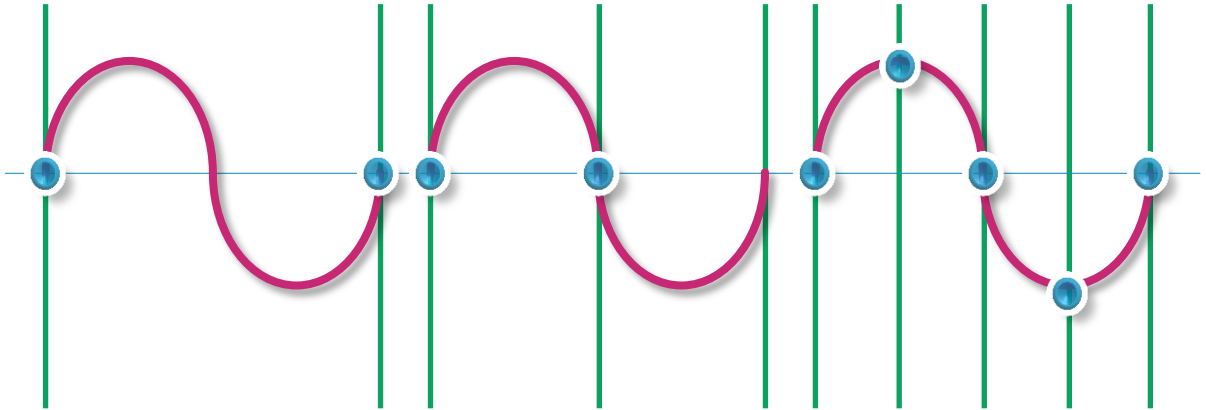
=1秒間をどのくらい細かく区切るか

という意味は同じ意味。

サンプルング周波数が大きくなると、サンプルングする回数が増えるので

メリット	高い周波数まで表現できる
デメリット	データの量が増えてしまう。

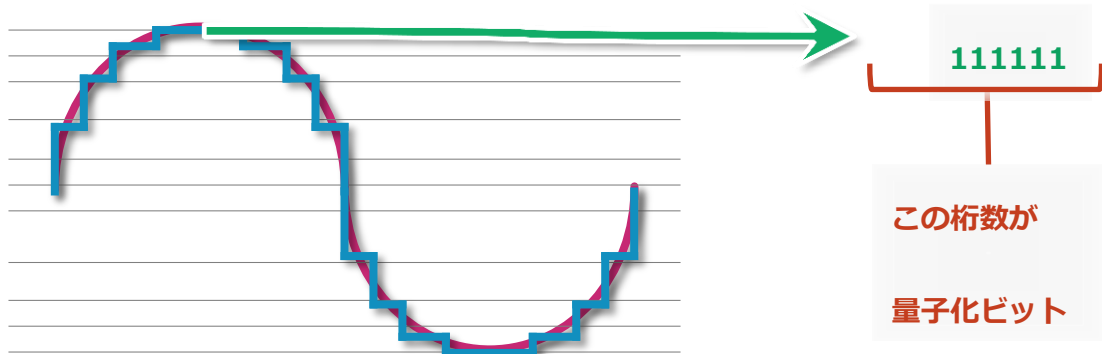
サンプリング周波数はどこまで取ればいいのかというと、**周波数の 2 倍以上必要だ**。これを**サンプリング定理**という



19.3 量子化

量子化とは**一定レベルごとに区切る**(縦軸は音量)ことをいい、最大幅のレベルを何桁で表すのかというのを**量子化ビット数**(ビット数)という

例えば CD は **16bit** なので 2 進数で最大 16 桁(2^{16} 個)となる。



18.3.1 量子化ビット数

量子化ビット数とは音声をデジタル信号に変換する量子化の際に、データを何ビットで表現するかを示す値のこと。

＝振幅(縦軸)を何段階で区切るか
という意味は同じ意味。

量子化ビット数が大きくなると、使える桁数が増えるので

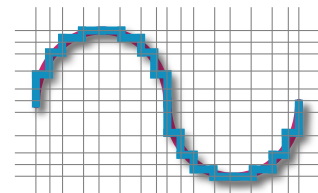
メリット	大きなダイナミック・レンジが表現できる
デメリット	データの量が増えてしまう

19.4 クオリティを上げるには

縦横で区切って、中間の値は捨ててしまうので、デジタル化すると波形が変わってしまう。では、できるだけ元の波形に近づけるには、

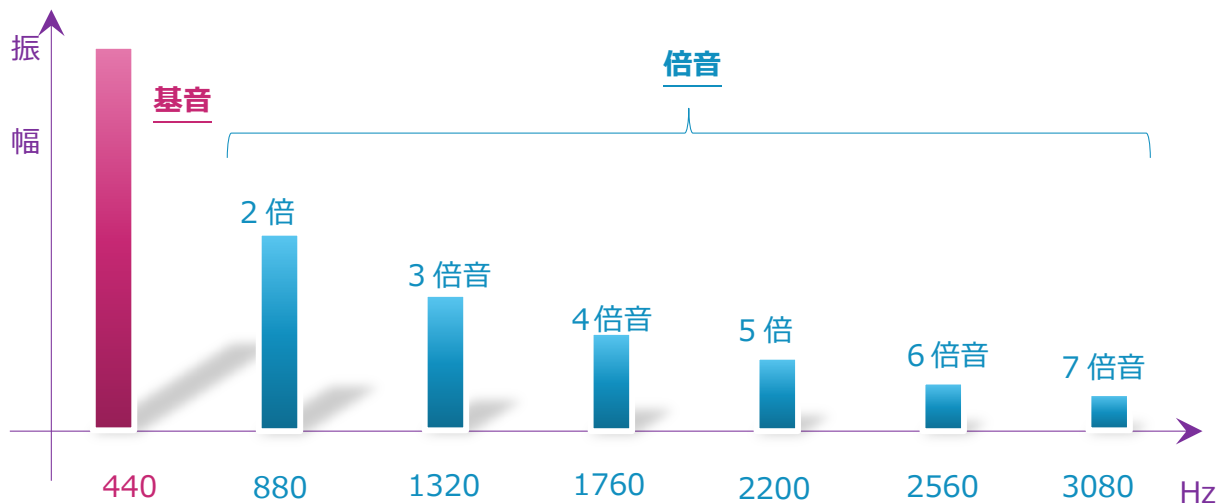
- サンプリング周波数を大きくする
- 量子化ビット数を大きくする

この二つで、より原音に忠実に高品質にデジタル化ができる。



20. 基音と倍音

440Hz の音だったらうの音だと分かる。では、なぜ同じ 440Hz の音なのに Piano や Guitar の音を聞き比べられるのか。また、なぜ同じ「人の声」なのに誰の声なのかがわかるのかということこれは、**音源によって倍音の出方が違うからだ。**

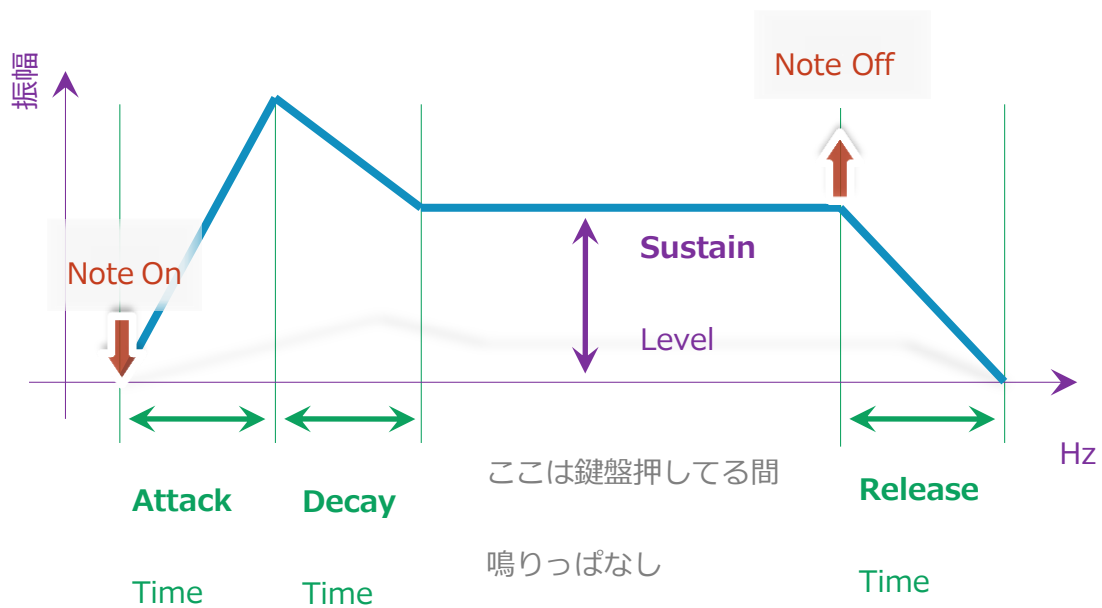


基音で音高が決まり、倍音構成(≡周波数特性)で音色が決まる。
そして楽器によって倍音の出方が違う。

21. エンベロープ

エンベロープとは簡単に言えば時間変化。

時間が経つにつれて Piano とかは音が減衰する。また、音量だけでなく、倍音構成(≒周波数特性)も、時間と共に変わっていく。こういった変化の仕方はエンベロープが楽器によって違うからだ。



このことを **ADSR** という。

ADSR=**A**ttack **D**ecay **S**ustain **R**elease

2.2. ケーブルについて

音響機材と音響機材を繋ぐケーブルには、その用途に合わせていろいろな種類があります。ここでは、そのケーブルの種類と特徴について解説します。

2.2. 1 ケーブルの基礎

ケーブルは機材間で信号を伝達する役割を持っています。その役割上、**伝送中に雑音（ノイズ）が乗りにくく、確実に信号を伝達すること**が求められます。

基本的に、どんなケーブルでも**細いほど、長いほど抵抗が大きく、伝送距離が長いほどノイズも乗りやすい**性質を持っています。なので、ケーブルはたとえノイズをカットする処理がされていても、極力短く、外部ノイズが乗らないような環境で使い、大容量の信号が乗る場所では太いケーブルを使う、ということが必要になってきます。

2.2. 2 ホットとコールド、グラウンド

ケーブルは中心に信号を伝達するための芯線があり、その周りを被覆が覆っている形になっています。以下の図のように、信号波形がプラスのときに電流が流れる方向を**ホット**、返ってくる方向を**コールド**といいます。通常は**色がついている芯線をホット**とします。

また、芯線の周りに金網のような遮断材が巻かれているケーブルもあります。遮断材は**グラウンド**と言い、このようなケーブルはシールドケーブルと呼ばれ、金網が外からのノイズをカットする役割を持っています。楽器を繋ぐケーブルやマイクケーブルは、このようにシールド被覆がされたシールドケーブルになっています。なお、音声信号は、交流電力に乗せて送られるため、信号伝達には最低でも2本の線が必要になります。

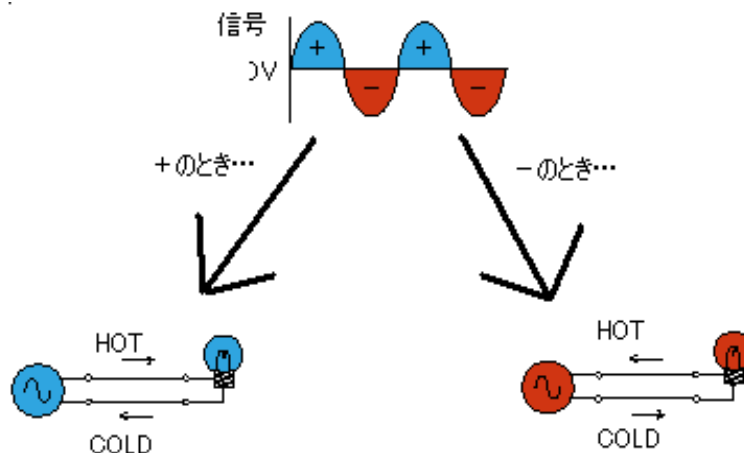


図 7 ホットとコールド

22. 3 バランスとアンバランス

ホット、コールド、グラウンドの 3 本の線で信号伝達を行うものを**バランスケーブル（バランス転送）**といいます。バランスケーブルはグラウンドが遮断材の役割を果たしているため、外来ノイズに強く、また機材に信号を受け渡すときも、位相反転が可能なことから、ノイズが乗ってもカットすることが出来るという特徴があります。音響機材では、伝達する信号レベルが低くノイズの影響を受けやすい**立ち上げケーブル、マイクケーブル**などがバランスケーブルです。

また、コールドとグラウンドの機能を合わせて、ホットとグラウンドのみで信号伝達を行うものを**アンバランスケーブル（アンバランス転送）**といいます。バランスケーブルでは信号の流れなかったグラウンドにも信号が乗るため、ノイズをカットする機能はありませんが、信号が十分に大きく、インピーダンスが十分に低ければ、バランスケーブルでもアンバランスケーブルでも違いはそれほどないので、安価で使いやすいアンバランスケーブルを使うことが多いです。主に**スピーカケーブル**などはこの条件に当てはまるため、シールドもしないアンバランスケーブルを使います（シールドをすると静電容量の問題が発生）。

また費用の安さから、家庭用のオーディオ機器などはアンバランスケーブルが使われることが多いようです。

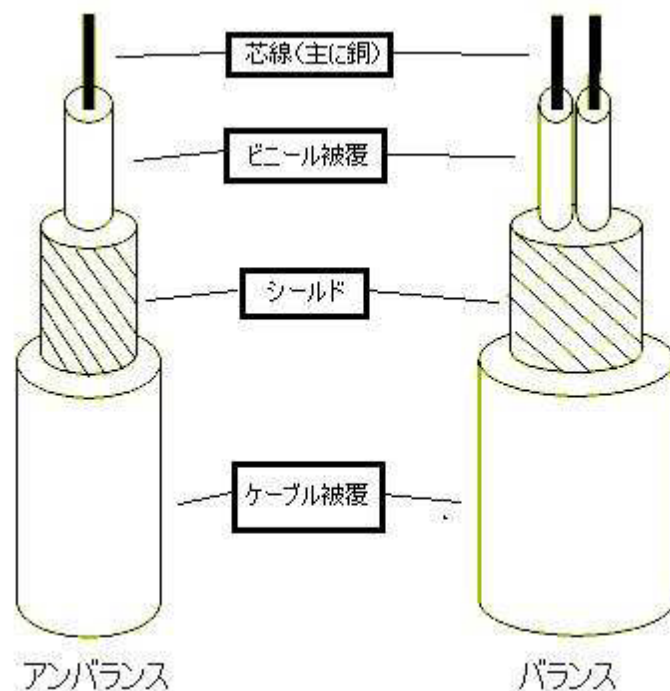
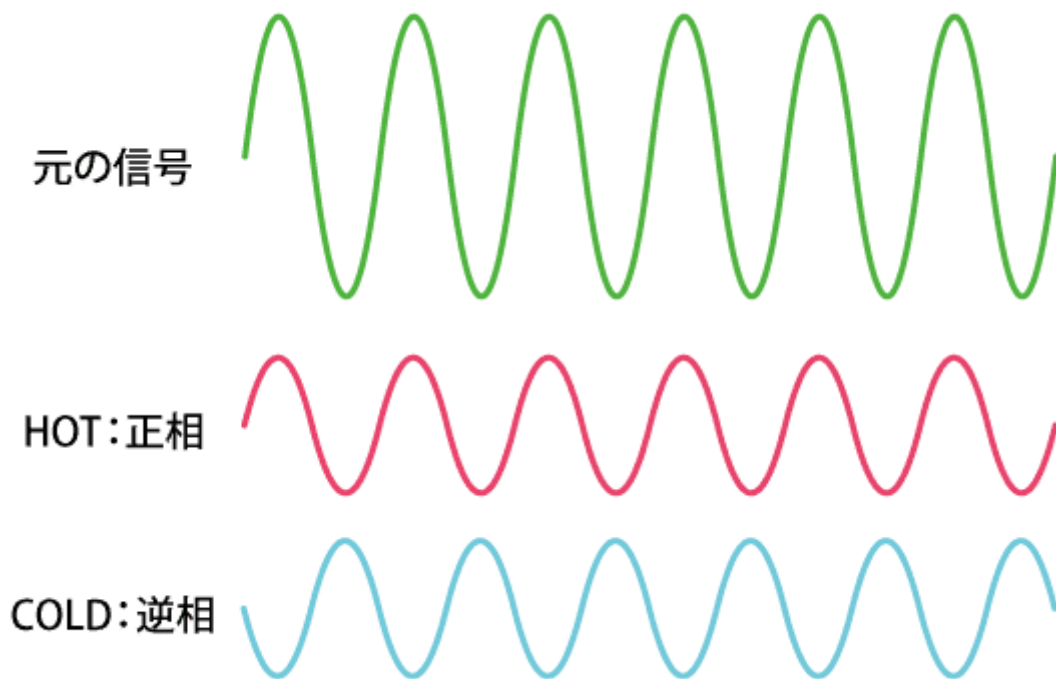


図 8 バランスとアンバランス

22. 4 バランス接続とアンバランス接続について

ここで取り上げるバランス接続（伝送）とは、XLR タイプコネクタ（キャノン）に代表される音信号の伝達方式です。

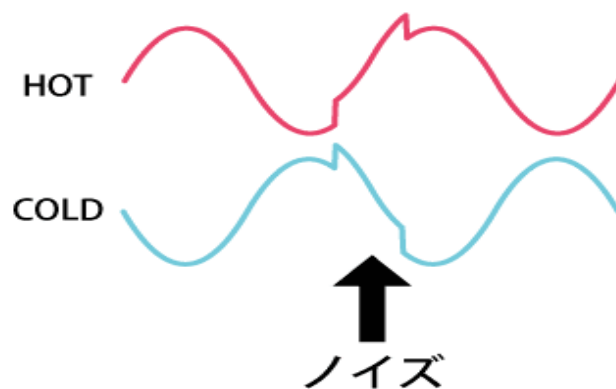
伝送する元の信号を半分半分にし、片方の位相を反転させ、ツイストペア線で伝送し、信号を受けるときに先ほど反転させた位相を元に戻し、二つの信号を足し算して、元の信号を復元する方式です。別名差動回路とも呼ばれます。



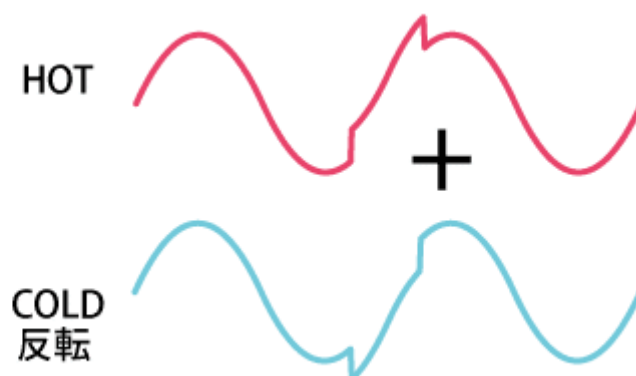
緑が「元の信号」で赤が「正相の信号」、青が「逆相の信号」です。

正相の信号を「HOT」、逆相の信号を「COLD」と呼びます。

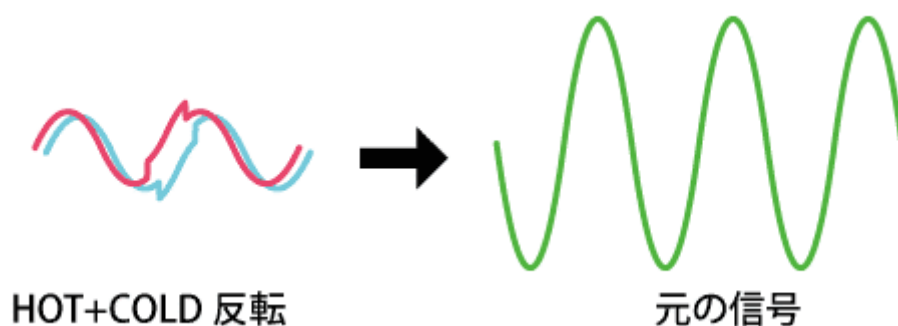
伝送するために使用するケーブルは L-4E6S に代表されますが、2 本の線が縫ってあるタイプの線を使用します。



ノイズを受ける際は、HOT・COLD 共に影響を受けます。



バランス転送は先に述べたように、「受けるときに COLD の位相を元に戻し HOT と合成」します。COLD を反転することにより、先ほど受けたノイズは HOT から見ると電氣的にマイナス側に同じだけ作用した状態となります。



最終的に、ノイズが打ち消される仕組みです。

バランス接続（伝送）はある程度の距離を、-60dBu（0.775mVr.m.s.）の様な微弱な信号を伝送するときに能力を発揮します。

近距離で、なおかつラインレベルのような大きな信号を扱うときは能力をほとんど発揮することができないのです。

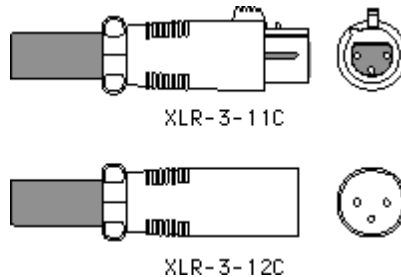
余談ですが、RS-232C の通信をバランスにした RS-422 や、イーサネットなどの RJ45 によるツイストペア伝送もバランス伝送です。

23. コネクタについて

ここでは、アドバンで使っている様々なコネクタの種類、特徴、接続の仕方などを説明します。上記のケーブルとあわせて理解すれば、自分でケーブルを作ることも可能です。ケーブル作りは実際に学んだことを実践するいい機会です。

23. 1 キャンオンコネクタ(XLR コネクタ)

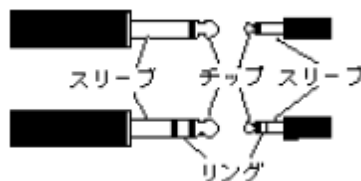
マイクケーブル、スピーカケーブルなどに使われる 3 端子コネクタで、正しくは『XLR コネクタ』と言います。頑丈でロック機能がついているため、信頼性を要求される PA では非常に良く使われるコネクタです。立ち上げやマイクケーブルでは 1 番ピンをグランド、2 番ピンをホット、3 番ピンをコールド、スピーカケーブルでは 1 番ピンを無接続にして、2 番ピンをホット、3 番ピンをグランドに接続します。演劇小屋などに備え付けのケーブルはたまに 3 番がホットになっていることもありますので、気をつけてください。



23. 2 フォンコネクタ

俗に『標準』とも言われるコネクタです。2 端子（2 ピン）と 3 端子（3 ピン）のものがあ、2 端子は楽器用のシールドや、一部のスピーカケーブルなどに、3 端子はヘッドフォンなどによく使われます。2 端子はその構造上、必ずアンバランス転送になります。またこのフォンコネクタの一回り小さい（3.5mm とか書かれている）ものを『ミニフォン』、『ミニステレオ』などと呼びます。おもにポータブルプレイヤーのイヤフォンなんかに使われますが、音響の現場ではほとんど使いません。

2 端子の場合、チップをホット、リングをコールド、スリーブをグランドにし、3 端子の場合はチップをホット、スリーブをグランドにします。



23. 3 RCA ピンコネクタ

単に『RCA』や『ピン』と言ったりすることの多いコネクタです。家庭用の AV 機器やオーディオなどによく使われるコネクタですが、強度の問題などから、PA で使われることはあまりありません。フォンコネクタと同じように、チップにホット、スリーブにグランドを接続します。



23. 4 スピーカーコネクタ(スピコン)

スピーカケーブルのコネクタ専用に使われる特殊なコネクタです。差し込んで回すとロックがかかり抜けにくくなることから、信頼性が高く PA の現場で使われる事の多いコネクタです。他のコネクタはケーブルとはんだ付けをしなくてはならないのに対し、スピコンはネジで止めるのが特徴です。芯線の取り外しは容易ですが、その分芯線が抜けやすいので気をつけてください。通常は 1+をホット、1-をグランドにします。



23. 5 先バラ

コネクタではないが、ケーブルの先の被覆をはがし、コネクタをつけられる状態にしたものを先バラという。PA ではあまり見かけませんが、一度機材を繋いだら外すことの少ないレコーディングの現場では使われることが多い。

表 1 コネクタ・ケーブル接続表

コネクタ名	ホット	コールド	グラウンド
キャノン (バランス)	2 番	3 番	1 番
キャノン (アンバランス)	2 番	—	3 番
フォン (3 端子)	チップ	リング	スリーブ
フォン (2 端子)	チップ	—	スリーブ
RCA ピン	チップ	—	スリーブ
スピコン	1+	—	1-

24. 音の基準レベル

この話は各社・各業界が完全な統一を出来ていないために、非常にわかりにくく、また取り扱う音のレベルのレンジ（大きい音から小さい音の幅）がPA・DTM・オーディオで大きく違うことから普遍的な説明にまで至らないことをご了承ください。

※もし、完全な理解を目指すならば、非常にわかりやすい参考書がありますので以下をオススメいたします。

サウンドクリエイターのための電気実用講座 大塚明著 洋泉社

話を簡潔にするために、一覧表を作成。

dB 対比表	
dB	%(約)
+20dB	1000.0%
+18dB	794.3%
+12dB	400.0%
+10dB	316.2%
+6dB	200.0%
+4dB	158.5%
+3dB	141.3%
0dB	100.0%
-3dB	70.8%
-4dB	63.1%
-6dB	50.0%
-10dB	31.6%
-12dB	25.0%
-18dB	12.6%
-20dB	10.0%
-40dB	1.0%
-60dB	0.1%

Vr.m.s.値対比表			
Vr.m.s.	dBu	dBV	備考
12.277Vr.m.s.	+24dBu	(+21.8dBV)	業務用音声機器の最大出力
2.0Vr.m.s.	(+8.2dBu)	+6dBV	民生デジタル機器の最大出力
1.585Vr.m.s.	(+6.2dBu)	+4dBV	
1.23Vr.m.s.	+4dBu	+1.8dBV	業務用デジタル放送機器 LINE 入力にとって-20dB 業務用アナログ放送機器 LINE 入力にとって 0VU
1.0Vr.m.s.	(+2.2dBu)	0dBV	1.0Vr.m.s.を 0dB とした規格。民生用
0.775Vr.m.s.	0dBu	(-2.2dBV)	0.775Vr.m.s.を 0dB とした規格。業務用
0.5Vr.m.s.	(-4.8dBu)	-6dBV	民生デジタル機器の基準レベル
0.316Vr.m.s.	(-7.8dBu)	-10dBV	民生アナログテープ機器の基準レベル
0.245Vr.m.s.	-10dBu	(-12.2dBV)	業務用でなぜかある規格。民生互換相当
0.0775Vr.m.s.	-20dBu	(-22.2dBV)	
0.775mVr.m.s.	-60dBu	(-62.2dBV)	業務用デジタル放送機器 MIC 入力にとって-20dB 業務用アナログ放送機器 MIC 入力にとって 0VU

dBu を dBm と記載している場合もあるが、厳密には 600Ωの負荷条件が加わったものが dBm です。

参考書などでは 2 倍は約 6dB、その逆の、2 分の 1 は約-6dB と記述されていると思いますが、0 を 100%と換算して、「200%は 6.02dB」、「50%は-6.02dB」という感じこちらでは記載しています。

%に 100 を掛けると、dB の足し算は実数の掛け算ということがわかります。

※10dB=4dB+6dB、 $1.58 \times 2.00 = 3.16$ 、 $10\text{dB} \div 316\%$

これだけは覚えておいたほうが良い三項目を挙げます。

1. 0VU、0dB、なんだかよくわかんないメータの 0 はその機材にとっての基準であり、出力電圧の絶対の値ではない。
2. dBV? dBu? dBv? dBm? dBs?とにかく Vr.m.s に換算すれば大体どれくらいなのかわかる。
3. 結局のところ、繋ぐまでわからない、説明書でスペックを確かめないとわからないことが多い。

1 ですが、0VU などの「機材のメータで表示される 0 の値」は、実はバラバラです。業務用の音響ミキサーで 1kHz の正弦波を出力して 0VU（または 0dB）を指した時、機材のスペックで「アウトは+4dBu」と記載されているなら、そこから取り出される電圧は +4dBu、つまり 1.23Vr.m.s.です。

セミプロ用の音響ミキサーで同じことをして、スペックに「アウトは 0dBu」と記載され

ているなら、そこから取り出される電圧は 0dBu、つまり 0.775Vr.m.s.です。
同じように「アウトは-10dBV」（TAPE OUT など）と記載されていれば-10dBV、つまり 0.316Vr.m.s.なのです。

随分適当じゃないか、と印象を受けますが、その通り、「機材のメータで指した 0 の表示は出力電圧の絶対の値ではない」のです。ではこの適当さが問題になるのはいつかという、機材間を接続するときです。

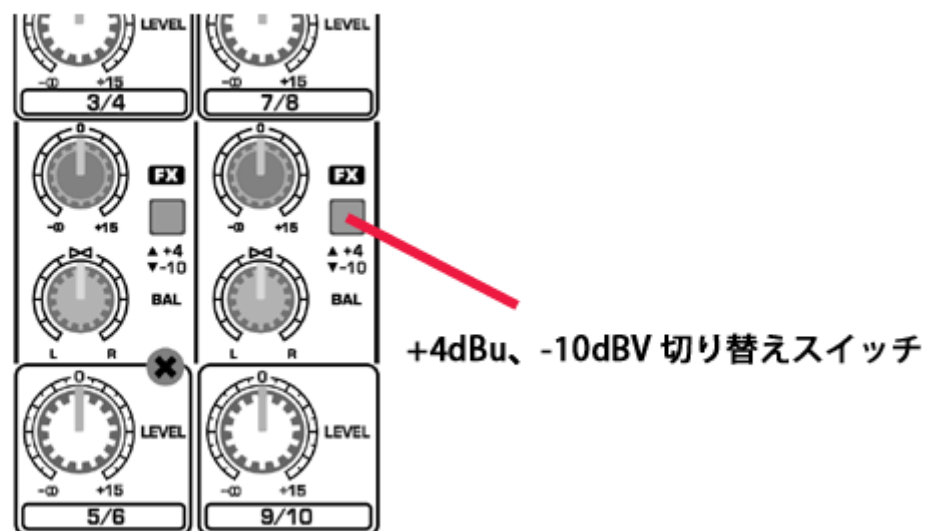
ひとつ例を挙げます。

業務用カメラに音声を入力する時、間に挟むミキサーは何が良いのか？と悩んだとします。カメラは業務用なので LINE で+4dBu 受け、MIC で-60dBu 受けです。（厳密には 600Ω受けなので単位は dBm）この時点で、カメラの音声入力調整つまみを動かさずに、デフォルトで規定値入力するには、出力が+4dBu のミキサーを選定しなければならないことが判明します。（※-60dBu 出力が出来る機材はとても特殊）

ここに出力が 0dBu のミキサーをはさんでしまうと、ミキサーにとっての 0VU とカメラにとっての 0（デジタルなので基準は-20dBFS）が揃わなくなる事態が発生してしまうというわけです。（但し、音声入力調整つまみを調整すれば 0dBu 入力にすることが可能。）

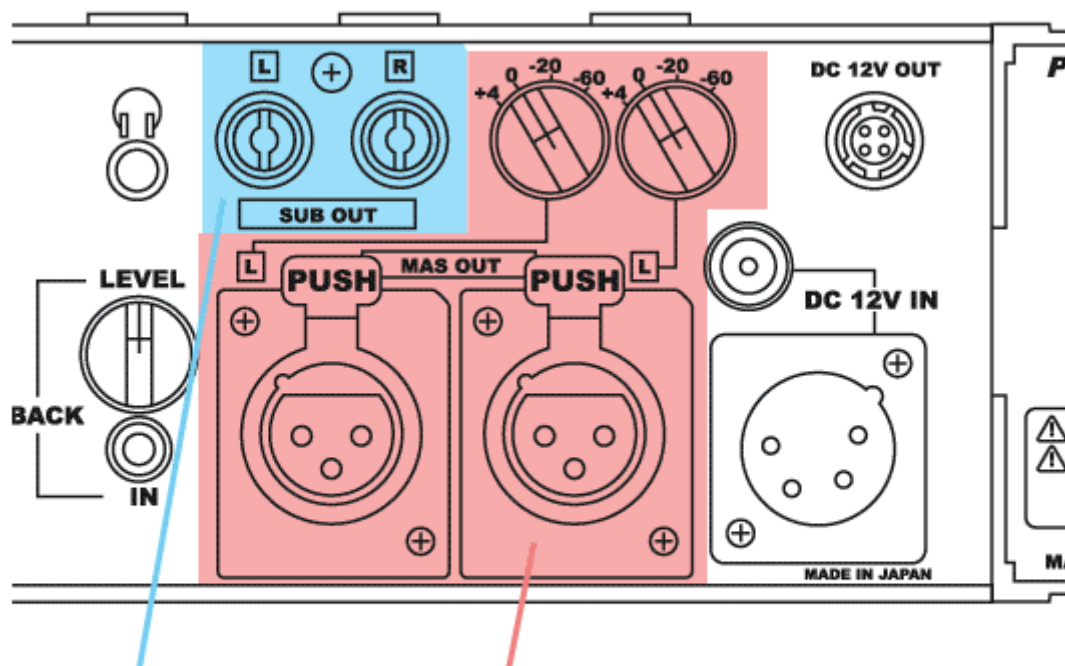
※ENG 用のミキサーは出力が+4dBu、0dBu、-20dBu、-60dBu、-10dBV と切り替えられる優れたものなのです。

※-20dBFS の説明は後述



2 は表に挙げた通りです。0dBV（ゼロデビーバイ）は 1.0Vr.m.s.が基準で、0dBu（デビーユー）は 0.775Vr.m.s.が基準となっています。このふたつの違いを「知っている」だけでだいぶ違うと思います。※Vr.m.s.とは交流を直流に換算した数値です。

ENGミキサ PROTECH FS305



RCAピンで-10dBV、キャノンで+4dBu、0dBu、-20dBu、-60dBuの切り替えがあるので非常に多機能。

※民生・業務用、ライン・マイクにとらわれない

ペリンガーなどの小型音響ミキサーのヘッドアンプに「+4」「-10」切り替えがついている場合がありますが、この二つの数値は電圧でいうと4倍の開き（dBでいうと12dB）があり民生用と業務用の音声レベルの違いがわかると思います。

※一般に-10（マイナジュー）は-10dBVのことで、+4（プラよん）は+4dBuを指す。

3 実体験で、何度か困ったことに遭遇したことがあるのですが、それは出先のホールの音響から会場音声を業務用カメラにもらうときです。

会場のミキサーは+4dBu、つまりミキサーの0はカメラの0（-20dB）、よし、間違いなし。しかし、つないでみるとレベルが極端に低い…低すぎる…というか聞こえない…あ、PAD（パッド：音を一定値減衰させる機構）をはさんでMICレベルなのかな？と思ってMICに切り替えると今度は音が大きすぎて割れる…と、こんな状況です。

なぜこうなるかというと、ほとんどの場合、会場の基準レベルの設定が極端に低いことが挙げられます。

このケースの場合、ミキサーが0VUを指さなければ出力は+4dBuに到達しないことはいままでの説明でわかっていると思いますが、これは言い換えれば、「0VUに達しないようなレベル設定をしている会場から、適正信号のラインをもらうのは難しい」ということになります。

25. -20dBFS について

1. アナログ時代は VU メータの 0VU を基準レベルとしていた。

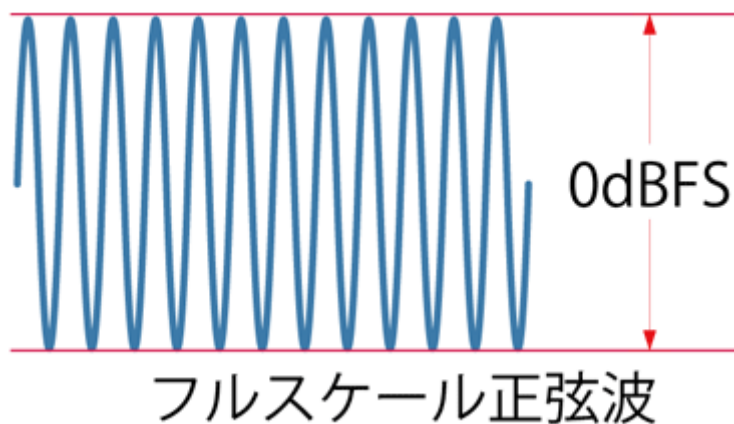
※0VU 基準？じゃあ、ピーク成分は 0VU で規定した値を超えてしまうのでは？と疑問に思うかもしれないが、アナログはヘッドマージンが大きくとられていて、ピーク成分を抱え込んでいた。

それに加えて、アナログの特性上、ピークを超えた成分の歪みはそれほど気にならない。

2. デジタルになり、PCM 方式ではピークを超えると音が必ず歪むので、「PCM におけるヘッドマージン」として 20dB 分取ることにした。

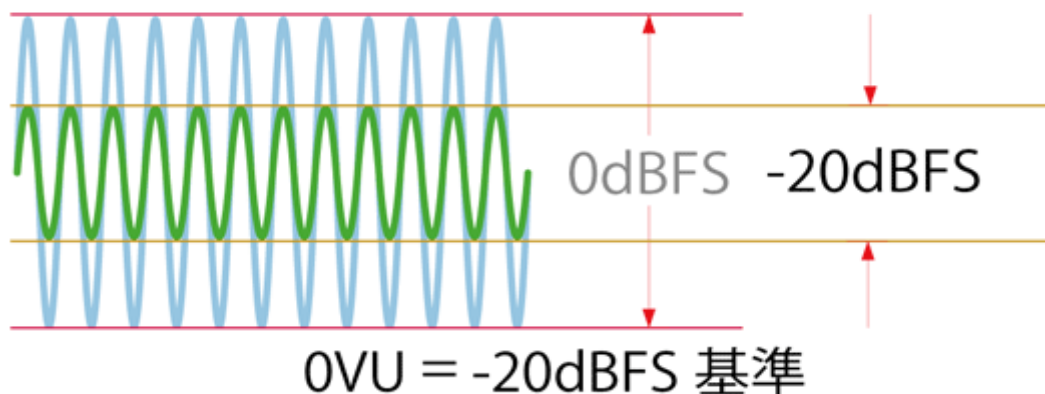
※但し、この 20dB は、量子化できる最大振幅を 0dB として、そこから -20dB 下げたところで発振させる正弦波を 0VU として決めたもので、例えば、波形編集ソフトで可視できる波形が -20dB を超えないとか、ピークメータで -20dB を超えない、というわけではありません。

図で説明すると、



これがまず量子化できる最大振幅。この幅を 0dB と定める。

最大振幅なので「Full Scale (フルスケール)」と呼ぶ。表記は 0dBFS。



ここから、正弦波で-20dB の位置を 0VU と定める。表記は-20dBFS。

あとは、アナログと同じように、0VU 基準で音量を調節すれば良い。

先にも述べましたが、ここで定めたのは、「0VU=-20dBFS」であるということです。

正弦波ですとレベル表示上は VU メータもピークメータも同じですが、ピークメータの -20dB ではありません。

逆に言えば、0VU=-20dBFS で整えた素材は、ピーク成分は-20dB を超えるということです。

実際、波形編集ソフトで見るとこんな感じです。



がっつりコンプかけている音源は 0VU=-20dBFS は-8.5dBFS に触れるくらいのピーク成分を有している模様です。（もちろん音源によってさまざまで、ひとくくりにできないことは承知です。※画像の波形はラジオ CM です。）

ちなみに、市販されている CD やミュージック DVD は 0dBFS（この場合はピークメータで 0dB）で整音されていることが多く、これらを-20dBFS 基準にするには、上記の説明からがっつりコンプ=だいたい 8.5dB くらい下げれば 0VU=-20dBFS になるみたいです。もちろん VU で確認してください。

正しい VU メータがないとお話にならないというのがこの話の結論です。

26. コンプレッサーの使い方(実践編)

今回アドバンで最も使う、166XL と 160A をもとに説明する。











26. 1 166XL

1. スレッシュホールド・レベルを決める（初期化は+20 にしておくこと）
2. RATIO（つぶす比率）を決める 1：1 では変わらない 2：1 ではその半分がつぶされる。（なので初期化は 1：1 にしておくこと）
3. ATTACK タイムを決めておく、これはどのくらいでつぶしはじめるかという時間を決める
4. RELEASE タイムを決める。これはつぶしている時間を長めるか、短くすることができる（ようは、つぶしているものをどのくらいの長さで放す、つぶさなくするかということ）
5. 最後に OUTPUT GAIN を決める
6. ここまでが基本的な使い方、あとは GATE をきめる
7. 一番左のスレッシュホールド・レベルを決める（これはスレッシュホールド・レベル以下の音圧であれば信号をカットするためのもの）例えば、ドラムセクションに、Sn にコンプをかませたとすると、HH の音がどうしてもかぶりがでてしまい、その不要な音をカットするために GATE がある
8. あとは RELEASE タイムを決める

26. 2 160A

1. スレッシュホールド・レベルを決める
2. RATIO を決める
3. OUTPUT GAIN を決める

27. 舞台図記号と結線図記号

主な舞台図記号		主な結線図記号	
	センターライン		スピーカー
	ハンドマイク		アンプ
	スタンドマイク		
	ワイヤレスマイク		
	D.I.		
	マルチボックス		
	メインスピーカー		
	モニタースピーカー		

28. 用語集

アウトプット (Out-put)	出力。機器の出力一般をさす言葉。⇔インプット
アタック (Attack)	音の立ち上がりの部分。 又はその部分をコントロールするつまみなどの名称。
アッテネーター (Attenuator)	減衰器。 プロ用の音響機器では主に音量を減衰させる機能を持った部分をいう。減衰量が連続可変出来るつまみ。
アース(Earth)	直訳で地球という意味の通り、電気回路においては地球と同じ電位にすること。接地あるいはグラウンド(GND)とも言い、このようなアースは特に保安アースと呼ばれる。電気機器の金属のケース、配管部分や、人間が触れるスイッチや露出金属部分、シャーシ、外枠を電位ゼロの地球に設置し感電事故から防ぐ。 音響機器では、アース・ループ(例えばマイクケーブルのシールドをマイク側とコンソール側の両方で接地した場合、アースを経由してアース電流が流れてしまう)が発生し、そのアース電流がハムノイズの原因となるので、一点アース(1 か所でアースを接地すること)を心がけること。 またアースをしないと外国だと電圧が高いので感電して死亡してしまう可能性もある。
インプット (In-put)	入力。機器の入力一般をさす言葉。⇔アウトプット
生かす	スイッチをオンにしたりフェーダーを上げたりして、音が出る状態にすること。また機器を使用可能な状態にすること。

板付き(いたつき)	演劇やミュージカルで、最初から役者が舞台上にいて芝居が始まること。コンサートなどでは、緞帳(どんちょう)が上がるとバンド全員がステージ上に既において、演奏が始まることを板付きスタートなどと呼ぶ。ステージに出てくる姿を観客に見せたくない場合の方法論の一つで、緞帳が下りている以外に、暗転の場合もある。(これは暗転板付き)。
一点アース	上記のアースのところでも記述したが、1 か所でアースを接地すること。これをそれぞれの機器で個別にアースをとると同系統で2 か所以上のアースが結線されることになりアースのループが形成させることになり電位差が生じてしまう。これを防ぐためにアースを1 系統、1 か所にする。このことを一点アースという。最近は電源のアースを浮かせ、マルチボックスのアース(1 番ピン)でアースをとることが多い。
イントレランス(Intolerance)	工事現場で使われる足場のこと。舞台では、組んだ状態で、1.8m×1.5m×1.5m(高さ)のA2 イントレを使用することが多い。体育館や野外などの会場で、照明を吊ったり、スピーカーを乗せたり、さらには基本舞台を作ったりするために使われる。1 段で使用すれば、アングルという金具で平台を載せて舞台を作ることができる。鉄製で色は基本的には黒。名前は映画『イントレランス』(D.W.グリフィス監督)で使用された鉄塔から来ている。
打ち込み	シーケンサを利用して、電子的に音源を鳴らす音楽の総称。「同期もの」ともいう。また、音源そのものを指す。
エフェクター (Effector)	音響効果を付加する機器。
押す	予定より時間が遅れていること、または遅らせること。(⇔撒く)
オフ (Off)	② スイッチが「切」の状態。⇔オン ②マイクを音源から離してセットすること。⇔オン(オフマイク⇔オンマイク)
オペレート (Operate)	ミキサー等の操作。

オン (On)	①スイッチが「入」の状態。⇔オフ ②マイクを音源に近づけてセットすること。⇔オフ (オンマイク⇔オフマイク)
音響心理	人間は約 250Hz～約 6kHz うるさく聴こえ、逆にそれより下の Hz、それより上の Hz は聴こえづらい特性を持っているので知っておくといい。
返し	舞台上の出演者に音を聞かせるシステムの総称。モニター。
カット (Cut)	捨てたり量を減らしたりすること。(例：低音をカットする)
カット・アウト (Cut out)	音や映像などを一瞬で消すこと。(⇔カット・イン)
カット・イン (Cut in)	音や映像などを一瞬で出すこと。(⇔カット・アウト) ポン出しともいう。
金物	ドラムセットでのシンバルやハイハット、パーカッションの中でのトライアングルなど金属で出来た楽器。
上手(かみて)	客席から舞台を見て右手側。⇔下手
近接効果	単一指向性のマイクの場合は、接近効果という現象が起きる場合が起きる。これはマイクと音源が近づくことで、低域が強調されるというものだ。 逆にあまり音源から離してしまえば低域が十分ではなくなるということ！
クリック (Click)	アッテネーターなどの目盛。(1 クリック=1 目盛)
クリップ (Clip)	入力過多。許容範囲以上の入力があったときに、波形の先端が切り取られ、出力が歪んでしまうこと
クロスフェード (Cross fade)	2つの音源の片方をフェードアウトしながら、もう片方をフェードインすること。
ゲネプロ (General probe)	本番と全く同じ状況で行う最終的なリハーサル。
転がし	モニタースピーカーで、演奏者の足下に置くスピーカーのこと。 (=フット、フットスピーカー、フットモニター)
サイドフィル (Side fill)	モニタースピーカーの中で、舞台袖または左右端に設置するスピーカー。(=サイド、サイドスピーカー)
サウンドリインフォースメント (Sound reinforcement)	PA とほぼ同義。 PA が館内放送など広範囲にわたるのに対し、SR はもっと音楽寄りで、高度な音響技術を駆使しているという意味合いが含まれる。

指向性	音の到来方向によるマイクロフォンの感度の違い。
周波数 (Frequency)	音波が 1 秒間に何回振動するかを示す単位のこと。(単位：ヘルツ(Hz)) 振動数が多いほど音は高くなる。
下手(しもて)	客席から舞台を見て左手側。⇄上手
尺(しゃく)	① 尺貫法の長さの単位の 1 つ。約 30cm。一般的に 1 尺を単に”尺”と略して呼ぶことが多い。 ② 曲やセリフの長さのこと。「この曲の尺は何分?」とか「セリフのここの尺はどれくらい?」といった用法が一般的。
寸(すん)	尺貫法の長さの単位の一つ。1 寸が約 3cm。
ソース (Source)	音源。
ダイナミック・レンジ	① 音波の最大の音と最小の音の比。 ② 電気音響機器では、最大出力レベルと残留ノイズ・レベルの比率。このレベルは dB で表す。 ダイナミック・レンジが大きい音楽は、小さい音から大きな音まで含まれている。この音を電気信号として扱うので、電気音響機器はこのダイナミック・レンジが大きいほど、良いとされる。
トークバック (Talk back)	ミキサー側から、ステージやスタジオ内にいる演奏者やスタッフに対しての伝達装置。また、それに使うマイク。
トリム (Trim)	ミキサーなどに付いている入力レベルなどの調整ツマミ。
中音(なかおと)	ステージ上のサウンドのこと。観客が聴いている音楽は、メインスピーカーからの外音(そとおと)と、この中音の合成されたものだ。会場が小さければ小さいほど中音の影響力は大きくなる。
箱馬(はこうま)	木でできた立方体で、低い台を組むときに使われるもの。主に 6 寸×1 尺×1 寸 7 尺のサイズが使用される。
ハウス送り(おくり)	ここでいうハウスはホールのことを指し(通常は、ハウスはメイン・コンソールのことを言う)、ハウス送りとはメイン・コンソールでミキシングした 2 ミックス(メイン・アウト)のパラアウト(マトリックス出力)をホールのシステムに送る行為を意味する。ホール内で行われている公演の様子を楽屋、ロビー、各フロアに送るためのものだ。

ハウス返し(がえし)	メイン・コンソールから、ミュージシャンへのモニター信号を送ること。本来はモニター信号は、ステージ袖(そで)でモニターエンジニアが、モニター・コンソールを使って送るのが基本である。しかし規模や編成によっては、モニター・システムを組まずにメイン・コンソールの AUX センド等を使ってモニター送りをする場合もある。機材量(モニター・コンソールや周辺機器)やスタッフ数を減らせる、というメリットがある。また小さい会場などでは、ステージ袖にモニター・コンソールを置けないところも多くあるものだ。しかしオモテ(2 ミックス)のバランスを取りながら、ミュージシャンへのモニターバランスも気にしなくてはならないので、ハウス・エンジニアには負担がかかる。
ハウリング (Howling)	ハウリングとはマイクで拾った音がスピーカーから出て、その音をまたマイクが拾う…。このプロセスがループ的に繰り返されることで、ある周波数帯域が強調されるようになり、あるレベル以上になるとキーンといった不快なノイズを発する。これがハウリングの現象。
はける	舞台上から外に出ること。
波長	音波が 1 回の振動 (1 周期) の間に進む距離。(単位: λ)
バウンダリーマイク (Boundary-Layer Microphone)	<p>正確には BLM。また、CROWN の PZM(Pressure-Zone Microphone)もほぼ同じものと見なすことができる。反射板に、マイク・カプセルを装着してマイクロフォンのこと。</p> <p>マイク本体近くの反射音(足音や振動など)は拾いにくく、い、埋め込まれたマイクへの直接音だけを集音する設計になっている。主に芝居やミュージカル等で、ステージの框(かまち)に置きセリフや歌声を拾う。マイクスタンドに取り付けて、観客の拍手や臨場感を拾うマイクとして使うことも多い。</p> <p>また、バンドではドラムのキック(バスドラ)のなかに入れてキックのビーター部分を録ったりすることにも使用する。</p>
バミる・バミり	<p>① 演技者(演奏者)の立ち位置やマイク・スピーカーなどを設置する位置などの目印として、床にビニールテープなどを貼ること、また張った場所。</p> <p>②電源が外れないようにガムテープで固定したり、ケーブルを這わせる際に壁などに貼ること。</p>

バラす	舞台上の装置などを解体し、片付けること。撤収。
PA (Public Address)	拡声装置を用いて大勢の人たちに情報を伝えること。宣伝カーや案内放送から、ホールや劇場における電気音響による音の拡大に至まで、広い意味での拡声技術のこと。
フェーダー (Fader)	連続的に音量を調整するスライド式の装置。
フェード・アウト (Fade out)	音量を少しずつ絞って、次第に音を消すこと。(⇔フェード・イン)
フェード・イン (Fade in)	音量をゼロから少しずつ大きくして、規定のレベルにすること。(⇔フェード・アウト)
吹かれ	マイクロフォンに風や息などが当たって発生する「ポコポコ」といった雑音。
撤く	予定より時間が早くなること、または早めること。(⇔押す)
マスキング効果	<p>ある音が他の音の妨害によって聴こえなくなったり、あるいは聴こえにくくなったりする現象をいう。一般に、目的音と妨害音の周波数が近いほどこの現象は起こりやすい。また目的音より妨害音の周波数が低いときのほうが、逆の場合よりもこの現象は起きやすい。</p> <p>音響をやるなら、目的音と妨害音の周波数が近くしかも妨害音の方が周波数が低いとマスキングが起きると覚えておこう。ちなみにギターがかぶっていてヴォーカルが聴こえないなどといった現象はこれも原因の一つ。</p> <p>そして、知っているかもしれないが、このマスキングを利用してMP3などができている。(僕はあまり聴かないようにしてます。)</p>

AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union)	これを訳すと、オーディオ技術者協会/欧州放送連合と訳される。 デジタル・オーディオの伝送規格。主に XLR タイプのコネクタを使用する。
BLM(Boundary-Layer Microphone)	バウンダリーマイクのこと
FB(Fold Back)	モニタースピーカーのこと。コロガシ、はね返りともいう。 モニターエンジニアのことを指す。
FOH(Front of House)	メイン・コンソールやメイン・システム(卓回り)をハウスと呼ぶことから、PA 席のことをこう呼ぶ。特に海外オペレーターはこの略号を使うので覚えておきたい。また、PA 席で使用する機材(コンソール)やラック(エフェクター)も FOH と呼ばれる。
HPF(Hi Pass Filter)	ハイパス・フィルター。音声信号の低域をカットするためのフィルターのこと。⇔LPF(Low Pass Filter)
I/O(Input/Output)	“あいおー”と読む。入出力のこと。機材の入出力部分を I/O または I/O 部と言ったりする。
LPF(Low Pass Filter)	ローパス・フィルター。音声信号の高域をカットするためのフィルターのこと。⇔HPF(Hi Pass Filter)
MC(Master of Ceremony)	式典の主導者…そう、司会者のこと。最近ではヒップホップでラップを担当するミュージシャンを、MC と呼ぶことも多い。 また、ミュージシャンが曲間でしゃべることを MC と呼ぶ場合も。
MTR (Multi-Track Recorder)	もともとは、マルチトラックを有するアナログ・テープ・レコーダーのこと。ビデオ・テープを使用した MTR の ALESIS ADAT や TASCAM DA シリーズなどはデジタル MTR と呼ばれる。DAW もデジタル MTR の仲間だが、あまりこういう呼び方はしない。
PAD(パッド)	HA(ヘッドアンプ)やマイクロフォンに装備される抵抗のことで、入力する音量が大きく受けきれない際に(いわゆる入力オーバー)、入力信号を 20dB や 30dB 分減衰させるもの。通常はスイッチだが、単体でも存在する。

PB(Play Back)	Play Back の略。回線表などでは、PB と略されることが多い。
SE(Sound Effect)	効果音のこと。BGM 同様にメインの音を邪魔せずに、より一層の効果をつけるためのもの。芝居やミュージカル、ドラマや映画などでは不可欠。コンサートなどの音楽物では、ミュージシャンの登場時や途中のアタック等で使う。
SN 比 (Signal to Noise Ratio)	シグナル(信号)とノイズ(雑音)の比率を dB で表した値。SN 比が大きいほど雑音が少ない。優秀な機器やシステムということになる。
SPL (Sound Pressure Level)	音圧レベルのこと。

29. リファレンス CD とは

直訳すれば『参考 CD』、または PA とかではチューニング CD とか呼ばれたりする。

チューニング用 CD もすべての帯域がバランス良く入っている CD を使うのがいい。

自作のコピーCD で音源に MP3 を用いてるものは使う意味はない。オリジナルの CD または非圧縮のままコピーした CD を使うことが前提である。また、プロの曲でもいわゆるアイドル等の商業音楽は MP3 向けにマスタリングされていたりするのでおすすめできないです。

また、チューニング専用の CD もありますが、みなさん曲でやることが多いと思います。

29. 1 リファレンス CD の使い方

ミキシングで大切なことはいつも使っているスピーカーを最高の状態に保つこと。

そのためには毎朝、聴き込んでいる CD を再生して自分の耳の調子、スピーカー、部屋の調子を理解することが大切です。

体調によって今日は大きく聴こえる、ちょっと抜けが良くないとかチェックする時間はほんの数分で十分です。連続して聴くよりも朝一で聴いて、作業前にもう一度チェックしたり、仕事が終わってからチェックするという方法で良い。

毎日聴くことが重要なので自分が好きなジャンルの作品で好きなアーティストの作品が良いと思います。なおかつわかりやすいということが重要。

しかし、定位などをチェックするには音数が少ない曲や Vocal、Kick、Bass、Sn がセンターに定位して、シンセやコーラスなどの LR の定位も比較的そろっている作品が良いと思います。

29. 2 普段のリファレンス CD の聴き方

上記でも書きましたが、今日の耳の調子はどうなのかなどいろいろありますが、リファレンス CD を聴くときに気を付けていることを書いていきます。

- まず曲の一つ一つの音の大きさを聴いていきます。
- それに加えて、音の大きさの比較をしていきます。例えば、タムとスネアではどちらが大きいとか、ベースとキックはどちらの方が大きいとか
- 昨日と比べて音はどうだったか
- また、定位などわからなかったらどの楽器はどのくらいパンが降られているのかなどが挙げられます。

29. 3 本番でのリファレンス CD の聴き方

29.2 でのことを踏まえて、本番で使うスピーカーをフラットにもどしていきます。例えばメインのスピーカーをその曲でならしてこのスピーカーは普段聴いている曲の音とは違うところを探していきます。こんなにタムの音大きくなかったとか、キックのアタックこんなにしてなかったとか異なる点がでてきます。そこを聴き分けるためにもリファレンス CD がある。

29. 4 どのような CD を使っているのか

これは参考までに書いておきます。必ずしもこれがみんなにとってやりやすい CD とは限らないです。

まずこれは有名な曲です。

- 下記の URL の曲を聴く場合必ず 1080p で聴いてください
- 1080p ができない曲もあります

Donald Fagen 『I.G.Y』



<http://www.listenonrepeat.com/watch/?v=sogYgHlNngo>

次にこれも使っているエンジニアは多いと思います。

Linda Ronstadt 『When You Wish Upon a Star』



http://www.youtube.com/watch?v=Qk2K_agzxxg

これも使われていることが多いらしいです。

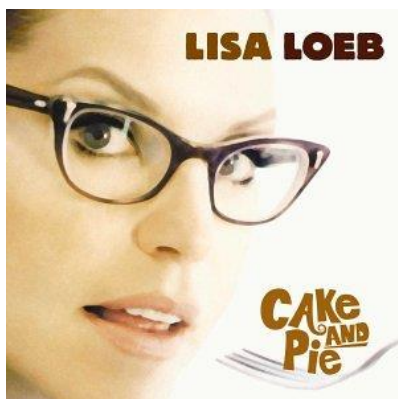
Eagles 『Hotel California』



<http://www.youtube.com/watch?v=uF8-tk9qGre>

次は個人的にいいのではないかなと思った CD を挙げておきます。

Lisa Loeb 『The Way It Really Is』



<http://www.youtube.com/watch?v=ac9Ztle-jSU>

上図のアルバムの中に『Kick Start』という曲もいいと思います。

<http://www.youtube.com/watch?v=E38SmYbJXzM>

30. 楽器の基礎事項

30. 1 楽器の種類

楽器の種類には主に、ドラム、ベース、ギター、キーボード、ヴォーカルとありドラムとベースはリズムを崩さないためにあり、ほかの楽器もそれぞれ役目も違って来る。また、楽器はこれだけでなく、ツリーチャイムであったりコンガであったりと、様々な楽器があるが今日主に述べていくのは、上記で書いてある5つの楽器を書いていく。

30. 2 楽器音の効果を高める方法

楽器音の効果を高める方法には4つの方法がある。1つ目は、イコライザーで音の周波数を変えていく。2つ目は、コンプレッサーで音を整える。3つ目は、ゲートで不要な音を取り除く。4つ目は、空間系のエフェクターを使いその楽器に合った、残響(Reverb)、エコー(Delay)で曲や楽器の立体感を出していく。これら4つの方法を駆使して楽器音の効果を高めていく。

30. 3 オペレーティング・ミックス

オペレーティングは、よくライブに行くと後ろの方でミキサーを操作している。そのミキサーを操作する人をオペレーターといい、その曲を操作（オペレーティング）することによって、各楽器のバランスや、楽器音の効果を高めているのだ。

ミックスは、上記でミキサーという言葉が出てきたがその機材を使って、一つ一つの楽器の音をマイクで録って、音を混ぜて一つの音楽にすることだ。

30. 4 音作りに関して

これから述べていく方法はあくまで一つの方法に過ぎない。EQに頼りすぎて悪い音になったり、何もいじらない方がいい音がするときだってある。また、プロとかでも音とか常にどういう音を目指していますとか雑誌のインタビューに書かれていることは、誰もが、楽器本来の音が出せるようにしてるということを耳にする。だがしかしメタルとかだとキックを固くしたいとかあると思う。そういうときは、楽器本来の音にまずはしてから、そこから固い音にしていくほうが理想的だ。

アドバンの卓の人たちは作られた音を目指してEQを触る人が多いが、その音の作り方はやはり違うのだ。もとの楽器の音を知らないで音を作ってしまうからどんどん気持ち悪い音になってしまう。だから、**楽器本来の音とEQで作られた音**どちらも知っておくことが重要だ。

31. ドラムの音作り

31. 1 キック・ドラム

キックには、よくコンプレッサーをかけるが、これには二つの理由がある。まず一つ目は、コンプレッサーをかけると独特の締まった音になるからである。コンプレッサーを深くかけていくと、「ふとんを叩いたような音」になる。試しに手でふとんを叩くと、場所や叩き方によって、かなりキックらしいいい音がする。キックにコンプレッサーをかければ、このような音を自在に作れる。キックにコンプレッサーをかける二つ目の理由は、音量差がない安定した低音成分を得られるからである。キックとベースと並んで、低音部つまり音楽の土台となる部分を作るところなので、ここの音量が大きくなったり小さくなったりして不安定だと、音楽そのものが聴きづらくなってしまうわけだ。勿論プレイヤーが巧くなれば、音量差は少なくなってくるので、コンプレッサーはあまり必要がない。しかし、プレイヤーの技量がない時に、コンプレッサーで、音量差をある程度なくす。コンプレッサーの必要性は、一度 MTR に録音したキックの音だけを聴いてみるとよくわかるだろう。

強めにコンプレッサーをかけた後に、アタックを強調する音作り（高音域の強調）をすると、シンバルやスネアの音がかぶってくる。この音のかぶりを無くすため、ゲートが使われる。もともとキックの音は楽器側でかなりミュートして、余韻のない音にしてあるので普通なので、ゲートのセッティングはそれほど難しくはない。

空間系エフェクターのリバースなどのエフェクトは、昔あまりかけることはなかったのだが、最近ではリバースタイムを短めにしたリバースをかけることもよくある。また、アーリーリフレクションもよく使う。がらっと音が変わるといった感じではないが、キックのリアルな感じを出すことができる。また最近、低周波発振器（LFO = Low Frequency Oscillator）にゲートをつないで、キックの音でコントロールしたり、オートディオトリガー対応の音源を同時に鳴らしたりして、低音やアタックを強調することがある。

3.1.1 キックの EQ ポイント

これは以下の図のキック・ドラムのイコライジングを参照して説明を行う。

ハイパスフィルタ（HPF = High Pass Filter）は 20Hz 位にとどめておく。

イコライジングについては、ミキサーのパラメトリック・イコライザーで音を作ってもいいが、グラフィックイコライザーの数に余裕があれば、キックのインプットチャンネルにグラフィックイコライザーをインサートすると、細かい音作りができる。この場合はあまり素子数が多いと使いにくいので、オクターブイコライザー（調整できる周波数が 1 オクターブおきのグラフィックイコライザー。10 素子ぐらい）がベスト。大きいスピーカーで、大きい音で聞くと体感的に感じる部分が 60Hz 近辺、私が体感的な音を作る場合 50Hz をブーストしてあげるとより良い体感的に感じる音ができる。また、通常の低域の迫力の部分は 100Hz 近辺にある。この辺りの周波数は、スピーカーや音量などによって聞こえ方がかなり変わってくるので注意が必要だ。スペクトラムアナライザーで視覚的に確認するの

一つの方法である。中音域の 200~500Hz 辺りはカットしてやると、音にしまりが出てくるが、あまりやりすぎると音量感がなくなってしまう。1kHz 近辺は余りいじらないことが多いが、ブーストすると「皮の音」を強調できる。また、4kHz 近辺の音は張りに影響する部分でここをブーストするとかなりヌケが良くなるが、下品な音にもなりやすい。今風の音の EQ ポイントは 8kHz 近辺。高域はここをブーストするだけでよいことも多い。

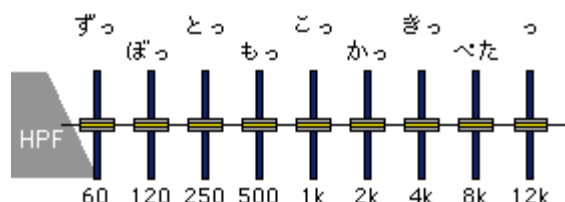


図9 キックのイコライジング

31. 1.1 エフェクトのポイント

ゲート

音量の大小も比較的小さいので、ほかの物に比べてかなり強力にかけても（RATIO を深くとっても）いいが、スレッシュホールドは甘めに設定する。目安としてはスネアの音でゲートが開かなければよしとする。ゲートの開く時間は、主に RELEASE で調整し、HOLD は短めにする。たまに「ぶちっ」といったノイズが入ることがあるが、その場合は RATIO を少し弱めにするか、音に影響を与えない程度に ATTACK を回避できることが多い。

コンプレッサー

RATIO を 4:1 程度、ピーク時-5db 程度のかけ方が無難（ATTACK は最短にして RELEASE は 300ms 位だろう）。

ゲートリバーブ・リバーブ

ゲートリバーブの作り方は、HOLD と RELEASE を短く設定するのがコツである。リバーブは、リバーブタイムを普通にすると音が濁ってしまうが、あまり短くしても金属的な音が耳につくだけなので、リバーブタイムは 1.5 秒程度にして、音量的にさりげなくかけるのがいい。

31. 2 スネアドラム

最近ではスネアを集音するときに、表と裏、2 本マイクを立てることが多い。その場合はまず表の音から作る。表の音には、キックと同じ理由からコンプレッサーとゲートを使用することが多い。ゲートを使う際には、スネアのゲートが開いたときと閉じたときで、ハイハットの音の音質や音量に違和感がでないように気を付けなければならない。スネアの裏のマイクは、スナッピ（響線）専用のマイクと思えばいい。だからスナッピの音を強調す

るために大胆にローカットをいれて、（それだけで聴くと耳の痛くなる音を作って）ちわぢわと表の音と混ぜて、ちょうどいいところで止める。理論的に考えると、裏の音は表の音に対して逆相になっているので、よく専門書などには「スネアの裏側のマイクは位相を逆にしてミックスする」などと書いてある。またスネアにリバーブをすこしかけるだけで「プロのような音」になる。このときのリバーブはプレートよりもホールタイプの方が迫力があっておすすめだ。またスネアを表からしか集音しなかった場合は、短めのゲートリバーブなどを、スネアのスナッピの音の代わりとして使うと、いい感じになる。

31. 2.1 スネアドラムのEQ ポイント

これは以下の図 10 のスネアドラムのイコライジングを参照して説明を行う。

ハイパスフィルタは、50Hz から 150Hz 位にする。イコライジングは、まず下手にいろいろなポイントをイコライジングする前に、シェルピングで 10kHz を少しブーストしてみよう。それだけで結構使える音になるはずだ。細かい音作りをしたい時は、ミキサーのイコライザーで音を作ってもいいが、グラフィックイコライザーがあれば、スネアのチャンネルにインサートしたほうが音作りはしやすい。太さを強調したい場合は 100Hz～200Hz をブースト。アタックを強調したい時は 2kHz 近辺をブーストしてみよう。1kHz 近辺をカットすると締まりのでることが多いが、キックやタムの「中抜き」のような効果はない。逆にリムショット（スティックをヘッドの上にねかせて、スティックの腹でスネアのリムを 打つ奏法。「コン」といった感じの音で、静かな曲想の部分に多用される）の暖かい「木の音」は、その辺りがポイントなので、リムショットのある曲の場合は このポイントはカットしない方がいい。チャンネル数と精神的な余裕があれば、スネアのトラックを平行接続をして、通常時とリムショット用のチャンネルを作り、個別にイコライジングやエフェクトを行なうという方法もある。変な共鳴（コーンといった音）が入ってしまっている場合は、録音の失敗なのだが、大体 500Hz 近辺をイコライザーでカットすると、気にならなくなることがあるので試してみるといいだろう。

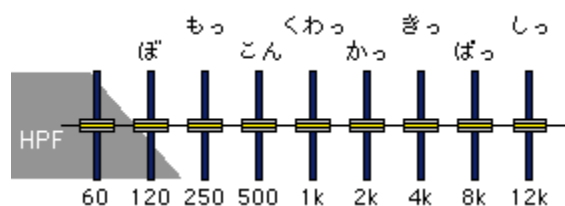


図 10 スネアドラムのイコライジング

31. 2.2 エフェクトのポイント

ゲート

スネアの音は、はっきりとして余韻もあまりないため、タムなどに比べると各つまみの設定はそれほど難しくない。ただし普通スネアのすぐ近くにハイハットがあるので、RANGE をあまり深く取ると、ゲートが開いた時と閉じた時のハイハットの音量差が、か

なり大きくなってしまい違和感がでるので、RANGE は 他の音のかぶりを防ぐ効果と、違和感のない音との中庸点を慎重に設定しなければならない。またスネアを表と裏で録っており、双方にゲートをかけてある場合は、それぞれにスレッシュホールドを設定すると、表のゲートが開いて裏が開かないということが起こる可能性がある。これを避けるためには、ステレオリンクのある機種では、ステレオリンクさせて裏側のスレッシュホールドを高くしておくか、キーイン端子の 付いている機種なら表のゲートのアウトを、パラレル接続をして、裏のゲートのキーインにいらてやればいい。この時裏のゲートのトリガーは EXT（外部）にしておくこと。

コンプレッサー

音がなまるという理由から嫌う人も多いが、かけた音もなかなか捨てがたい。かける場合は RATIO を 4:1 程度、ピーク時-5db 程度のかけ方が無難。(ATTACK は最短にして RELEASE は 500ms 位だろう。)

ゲートリバーブ

ゲートリバーブは、本来リバーブとキーインを持ったゲートとの2台の組み合わせで作る物だが、現在ではデジタルシグナルプロセッサ（エフェクター）で作ることが多い。また大体メーカープリセットのゲートリバーブは極端なエフェクトになっている場合が多いので、自分で曲にあったパラメータを設定した方がいい。

リバーブ

ホール系のリバーブの方がスネアには合うことが多いが、バラードなどでリバーブを多めにかけたいときは、音が濁りやすいので、INIT DLY を少し多めに取る。INIT DLY の値を 16 分音符や 8 分音符分の時間に合わせると、違和感なく INIT DLY の値を長くすることができる。(もちろん3連符系の曲では1拍3連や半拍3連に合わせる)

31. 3 ハイハットドラム

マイクで録音した音を聞いてみればわかるけど、ハイハットは結構すげー低域が録音される。このままでは抜けの悪い音になってしまうので、割と大胆にハイパスフィルタを入れる。かといってあんまりやりすぎると、今度は迫力がなくなってしまうので、注意を図らなければならない。イコライジングは比較的簡単な部分だ。そしてエフェクトは特に必要のない部分。必要に応じてリバーブを味付け程度にかけてもいいけど、リズムのもっとも細かいところを受け持つ音源なので、いじりすぎないようにする。

31. 3.1 ハイハットドラムの EQ ポイント

これは以下の図 11 のハイハットドラムのイコライジングを参照して説明を行う。

ハイパスフィルタのポイントとしては、だいたい 100Hz から 300Hz あたりだ。荒っぽい感じを出したい時は、あえてハイパスフィルタをいれない方がいい時もある。また少しキンキンした音になっている場合は、2kHz から 4kHz 辺りをカットしてみよう。10kHz 辺りをブーストする時きらびやかさが出るけど、慣れないうちはオーバーストしやすいので注意が必要だ。だが、ざっくりとシェルビングで高域をブーストするだけでも良いことが多い。

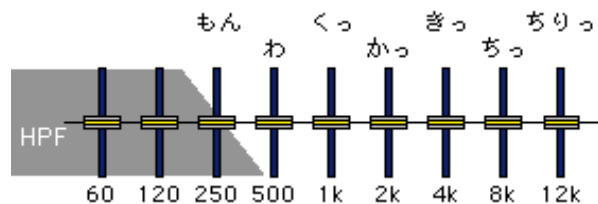


図 11 ハイハットドラムのイコライジング

31. 4 タム

最近の音作りでは、タムにゲート（ノイズゲート）をかけることが多いけど、叩き方の強弱によってゲートが開いたり開かなかったりしないように設定する。理想的にはそのタムを叩いた時にだけ、ゲートが開くのが理想だけど、現実的にはよっぽどカブリをなくして録音していない限り、スネアを叩いた時などにタムのゲートが開いてしまうことが多いので、あまり神経質に設定することはない。

またタムのゲートのレシオを深くとりすぎると、タムのマイクにかぶっているシンバルの音が、タムのゲートの閉開によって出たり出なかったりする。この結果としてシンバルの定位や、音量感が揺れ動く不自然な音場となることがあるので気をつけよう。並列型のエフェクターは、リバーブのほかにアーリーリフレクションやゲートリバーブなんかを使い分ける。VCA のグループが組めるミキサなら、タム1つ1つの音決めが終ったら、タムのグループを組んでおくと便利だよ。

3 1. 4.1 タムの EQ ポイント

ハイパスフィルタはあまり派手にかけると迫力がなくなるので、20Hz から 80Hz 位にとどめておいた方がいい。

イコライジングについては、なによりも効果的なのが中域をカットして（削って）やることだ。タムの大きさやチューニングによって違うが、ふつうのタムで 700Hz から 1kHz 位、フロアタムで 400Hz から 700Hz 位の部分をカットする。Q（バンドワイズ）は比較的広めでいい。ただしカットしすぎると、落ちついた音になる代わりに、音量感がなくなってしまうので注意が必要。

その他のポイントは、ふくらみや迫力の部分は 100Hz から 200Hz 位、ぱちっとしたアタック音は 4kHz 近辺を、べたっとした部分は 10kHz 近辺をそれぞれピーキングイコライザーでブースト（強調）してやる。妙に硬いアタックがある時は 2kHz から 4kHz 位を少しカットしてみよう。

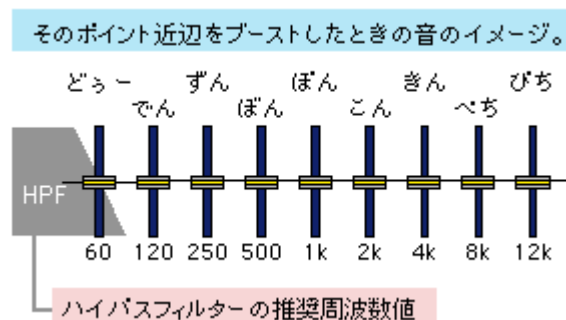


図 12 タムのイコライジング

3 1. 4.2 エフェクトポイント

ゲート

プレーヤーがチューニングしたタムは、オンマイクで録るとかなりの余韻を含んだ音になり、音の濁りを生むので（まあそれが本来の音なんだけどね）、ミックスをクリアに仕上げたい時には、ゲートで余韻をある程度カットしてやるといい。

コンプレッサー

タムにコンプレッサーをかけると音がしまっていていいのだが、コンプレッサーの数が必要なのと、設定が煩雑になる割には、音の出現率が少ないので、あまり使わない。

ゲートリバーブ

最近はあまりやらないが、一昔前には結構みんなやっていた。独特の迫力のある音になるが、これをやる時にはゲートでしっかり他の音をカットしておかなければならない。

リバーブ

迫力を出すためならホール系のリバーブ、抜けの良さならプレート系のリバーブがおすすめ。

31. 5 シンバル

シンバルなどの金物の音は、オーバートップ2本という形で録音してあることが多いと思うが、この音源はドラム全体の音や雰囲気再現するためのものなのか、シンバル用のマイクなのかを最初に考えた方がいい。というのはオーバートップの音というのは、(スネアが大きくキックが小さい傾向はあるものの)ドラム全体の音がバランス良く入っているものなのだ。実際昔はこの方法でドラムを録音していたのだから、当然といえば当然だ。

PAの世界ではオフマイクは(オーバートップのマイクは、スネアやタムから見ればオフマイク)他の音源やモニタとカラのカブリの問題があって、使いたくても使いにくいという状況がある。よってオーバートップというのは、シンバル用のマイクと割り切って使うことが多いのだけど、他の音のかぶりが少ないレコーディングの世界では、シンバル用のマイクとして使うにはすこしもったいない気もする。

また全体の音を活かす時には、ハイパスフィルタは控えめに(50Hz から 100Hz 位)にとどめておき、シェルビングイコライザで 10kHz あたりを少しブーストして「くもり」を取ってやればいい。これでシンバルの音だけでなく、ドラムセット全体の「雰囲気」を付加することが出来る。

シンバル用のマイクとして割り切って使う時は、割と大胆にハイパスフィルタを入れる。(200Hz から 400Hz 位)ピーキングイコライザーで 10kHz あたりを少しブーストしてやると、少し上品な感じになる。逆に迫力や下品さを出したい時は 2kHz~4kHz あたりを少しブーストしてやるといい。

32. ベースの音作り

32. 1 アコースティック・ベース

アコースティック・ベースは、奏法によって出てくる音はかなり変わるし、マイキングによってもかなり音質に差が出る。ジャズなどの指弾きしたベースは、弦の鳴り・胴の音・指板に弦が当たる音などが合わさった音なので、これらを上手く補正してやる。

また嫌味にならない程度にシェルビングイコライザで低域をブーストするのが基本。それにプラスして、1kHz 辺りを少しブーストするときもある。(指板に弦が 当たる音の増強)弓弾きの場合は、低域はほとんどそのままにしておいて、4kHz 辺りをほんの少し上げると、音が前に出てくる。

ロカビリー系の音楽のアコースティック・ベースの場合、ほとんどがベース本体に取り付けたピックアップからの収音になると思うので、後述のエレクトリック・ベースの音作りを参照してほしい。スラップ専用のピックアップがある場合は、大胆にハイパスを入れてやる。(200Hz くらい)メインのピックアップの音と混ぜれば、この処理だけでよいこ

とも多いが、好みでピーキングイコライザーを使って、1kHz～8kHz までの間のどこかにピークを作ってやる。(Qは狭め) 個人的には 1kHz 近辺にピークを作り、「こんこん」と言う音を付加するのが好きなのだが、プレイヤーによってはもっと「ぴちぴち」とした音や、「ぱちぱち」とした音を好む場合もある。

32. 2 エレクトリック・ベース

DI で録音してある場合は、低音をイコライザーなどでブーストしてやらないとベースらしい音にならない。これは普通ベースを鳴らすベースアンプが、低音が良く出て高域がさっぱり出ないからそう感じるだけで、ベース本体から出力されている音は本来そういった音にならない。ベースアンプから出た音をマイクで録音してある場合は、比較的ベースらしい音になっているので、イコライジングは補正程度でいい。

DI とマイクの両方を録音してある場合は、どちらか音作りのしやすい方を選んでそれをメインにした方が判りやすい。2つの音をうまく混ぜ合わせてもいいのだけど、経験上思ったほどいい結果にならないことが多い。もし混ぜるなら「高音はマイクで、低音はDIで」と役割分担をはっきり決めた方がいいと思う。またどちらか片方を逆相にして混ぜると音のニュアンスが変わるので、試してみるのも面白いかなと思う。

エフェクターは、コンプレッサーが必需品だ。最近ではプレイヤー側でコンプレッサーをかけることも多いから、そういった場合は特にミックスダウンの時にコンプレッサーをかける必要はないけど、「DIから録音しただけ」といった状態ならば必ずかけなさい。

DI で録音した音を使っても上手いこと音作りが出来ない時は、テープに入っている DI の音(≡ベース本体の音)を、ミックスダウンの時にベースアンプに入れて、その音をマイクで録りなおすという、録音ならではの方法もあるぞ。ただしテープからの出力は+4dB なので、-20dB 程度のパッドをかましてから、ベースアンプに入れんと歪みまくってしまう。

また 70 年代前半のハードロックで聴かれるような「ヴィヴィ」とした歪んだベースサウンドを出すのには、録音の時点でそういう音をプレイヤーに出してもらって、その音をマイク録りするのが一番早いんだけど、DI の音からそういった感じを出すためには、単純にディストーションをつないだだけでは「じりじり」した軽い音になってしまうので、図 4



図 13 ヴィヴィ

(ヴィヴィ) のようにエフェクターをつなぐ。それでまずイコライザー(グラフィックイコライザーが使いやすい)で 100Hz 近辺を極端にブーストして、1kHz 以下を極端にカットする。

その後にディストーションを通して歪ませるのだが、このディストーションは楽器用のコンパクトエフェクターが一番いい。(SPX や GP などのデジタル系ディストーションは音が痩せるのでだめ。)でその後にコンプレッサーをつないで音をまとめてやる。これをやると結構(かなり)ノイズが多くなってしまうはずなので、ミキサーのイコライザーで、少し高域を削って仕上げてやれば終わりだ。なかなかティムボガードしていい。(BBA というバンドの LIVE 盤を聴いてみると判る)

3 2. 2.1 エレクトリック・ベースの EQ のポイント

これは以下の図 14 のベースのイコライジングを参照して説明を行う。

エレクトリック・ベースは低音楽器なのでハイパスフィルタを 20Hz 位にとどめておく。

DI で録音してある場合のイコライジングは、まず 200Hz 以下の部分をブーストする。シェルピングでざっくりブーストしても、ピーキングでポイントを探しながら（大体 100Hz 近辺）ブーストしてもいい。馴れないうちはグラフィックイコライザーで、1 ポイントずつブーストしてみて、どのように変わるかを確認しながらイコライジングするといい。このような用途の時のグラフィックイコライザーは、あまりポイントの多いものより 10 素子程度の物が使いやすい。

アタック音のポイントは意外に低くて 1kHz~2kHz くらい。またチョッパーの時は 8kHz 辺りをブーストしてやると切れがよくなる。逆に、丸くて太い音にしたい時は 3kHz~5kHz より高域をシェルピングでざっくりカットしてやる。そして、しまりを出したい時は 300Hz~800Hz 辺りをカットしてやるといいけど、音量感に影響する部分なのであまりカットしすぎないようにする。

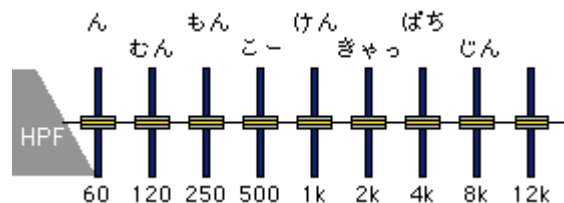


図 14 エレクトリック・ベースのイコライジング

3 2. 2.2 エフェクトのポイント

コンプレッサー

比較的強力にかけてもかまわないが、プレイヤーのダイナミクス（音楽的に音に強弱を付けること）を損なわないように気を付けること。RATIO が 1:4~1:8 位で、スレッシュホールドをピークで -5~-10db になるようにする。dbx160 をベースに使用する場合は OVER EASY スイッチをオンにした方が使いやすい。しかし、OVER EASY をオンにした場合メーターのコンプレッション表示が、聴感以上に振れるので注意が必要だ。

ゲートリバーブ・リバーブ

ゲートリバーブはあまりやらないが、チョッパーのベースソロなどには、かなり効果的だ。

リバーブはベースに上手にかけるのは結構難しいので、なれないうちは全くかけないか、楽器用のリバーブ（ギターなどと兼用でいい）を薄くかけるかにとどめておこう。手っ取り早く響かせたい時はアーリーリフレクションがおすすめだ。

33. ギターの音作り

33. 1 アコースティック・ギター

アコースティック・ギターのいわゆる「いい音」というのは、他の楽器と比べて意見が一致しやすい。つまり、高域がきれいに伸びていて、それを支える中低音が適度にふくらみがある音だ。よってイコライジングは割と簡単だと思う。エフェクターもあくまで補助的に使い、アコースティック・ギターの持つアコースティックな部分（変な言い方だが）を大事に音作りをしよう。

33. 1.1 アコースティック・ギターの EQ ポイント

これは以下の図 15 のアコースティック・ギターのイコライジングを参照して説明を行う。

ソロの部分（曲中にアコースティック・ギターだけが鳴るところ）がなければ、ハイパスフィルタを 150Hz 位までいれておく。マイクで録音してある場合は高域を少しブーストしてやり、（シェルビングの場合は 10kHz 辺り、ピーキングの場合は 5kHz～10kHz の辺り）500Hz～1 kHz 辺りのポイントを少しカットしてやれば出来上がり。Qは比較的広めでいい。

ライン録音してある場合は、モノによってかなり音質が異なるので、一口にはいえないが、150Hz 位と 2kHz 辺りのポイントが不必要に出ている場合が多いので、気になるようであればこのポイントをカットしてみる。

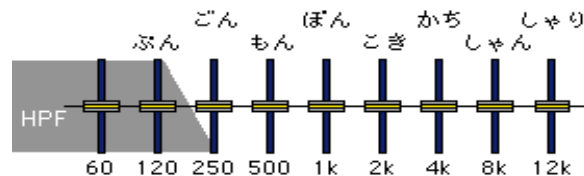


図 15 アコースティック・ギターのイコライジング

33. 1.2 エフェクトポイント

リバーブ

響きモノに関してはよほど特殊な効果を狙う時以外は、リバーブだけでいい。ホール系よりプレート系のリバーブの方が音がまとまりやすい。アーリーリフレクションをうっすらかけると、全体との馴染みが良くなる。

コンプレッサー

エレクトリックギターと一緒にアコースティック・ギターを鳴らしたい時は、音量の均等化をはかってからフェーダーを上げないと、不必要にアコースティック・ギターの音が大きくなることもある。この場合は比較的レシオを強めに（4:1 位）にして曲中コンプレッサーが効きっぱなしになるくらいにかける。

その他に高音域を強調した音作りをした場合などは、左手の弦を擦る音が耳障りになりやすいので、この場合はイコライジングした後に、レシオを弱めに（2:1 位）にしたコンプレッサーを薄めにかけてやると良い。

3.3. 2 エレクトリックギター

エレクトリックギターは、プレイヤーがしっかりしてれば、ギターアンプからでている音がほぼ「完成品」と考えていいので、あんまり大がかりには音作りはやらない。補正程度のイコライジングと、リバーブの付加くらいのものだ。補正のイコライジングとは、たとえギターだけ聞いた時には最高の音でも、全体と混ぜ合わせた時にほかの楽器とぶつかって音が濁ってしまう時なんかに、ギターの音のニュアンスを変えないようにして、問題となっている周波数のポイントだけをカットしてやることだ。

たとえば、金髪の兄ちゃんがマーシャルをごろごろところがしてきて、弾きたおして帰って録る録音では、ギターだけ聞くとものすごく迫力のある音でも、ほかのギターやベース、ドラムと混ぜると低音が濁ってしまうことがよくある。このような時にハイパスフィルタを少しかけたり、ピーキングイコライザーで低音を少しカットしてやると、全体の音がすっきりとまとまるのだ。

これは以下の図 16 のエレクトリックギターのイコライジングを参照して説明を行う。

ハイパスフィルタは普通の音楽なら 100Hz～200Hz 位、ハードロックなどギターの低音を強調したい場合はもう少し低めに設定する。

イコライジングのポイントは特にないが、太い音にしたい場合は 200Hz 辺りをブーストする。また、ソロのギターなどでは、1kHz 辺りをブーストしてやると音が前に出てくる。音がキンキンして耳障りな場合は 2kHz～4kHz 辺りをカットするといいが、あまりやりすぎるとエレクトリックギターの持ち味の「張り」がなくなってしまう。

クリーントーン（歪ませていないギターの音）にきらびやかさを持たせたり、歪んだギターの歪みの目を細かくしたい時は、10kHz 辺りをピーキングイコライザーでブーストしてやるといい。

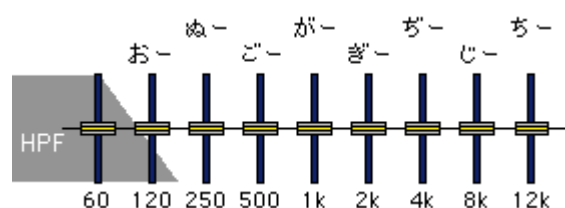


図 16 エレクトリックギターのイコライジング

34. キーボード・ピアノの音作り

34. 1 アコースティックピアノ

楽器自体には特にイコライジングもエフェクトも必要がないけど、曲想によっては補正的にイコライジングやエフェクトをかける。例えば他の楽器と混ぜるとヌケが悪いように感じるときは、10kHz 辺りをピーキングで少しブーストしてやったりするわけだな。イコライジングのポイントは、後述のキーボードのアコースティックピアノの所を参考にしてほしい。

2本以上のマイクで録音してある場合は、その定位にも注意が必要だ。高音と低音に分けて録音してあるからと言って、バカ正直に右左にパンを振ると、横幅 10mの音像のピアノになってしまう。あくまで自然に定位するようにパンニングしよう。

34. 2 キーボード

キーボードの音も録音した時点でほぼ完成していると考えていい。最近のキーボードは内部にちょっとしたミキサーの機能が入っている（ボリューム操作や複数の音源のバランス、パン、イコライザー、エフェクトの量や種類などが音色ごとに設定できる）ので、ミックスの時にやることは、補正的なイコライジングが主。

リバーブに関しては、音源側でリバーブがかかっていない場合や、録音時にリバーブを切ったり少な目にして録音した物は、リバーブを他の楽器との兼ね合いを 考えながら付加してやるのだが、音源側でかかっている場合はそのままにしておいた方が、うるさいこといわずに楽でいい。よっぽどキーボードの音色エディットに精通してるか、時間がある場合は、音色とかエフェクトにこってもいい。これも録音の時に考えること。

またキーボードは発振器と一緒にあるので、必要のない超低域や超高域が出ていないかをチェックしておく。超低域が出ているとスピーカーがうのように動いて、飛んでしまうこともある。（メーカーのプリセット音を使っている限りは大丈夫だと思う）

34. 2.1 キーボードの EQ ポイント

これは以下の図 17 のキーボードのイコライジングを参照して説明を行う。

プラス系、ストリングス系

- ハイパスフィルタは 100Hz 位。
- 迫力を出すなら 200Hz 辺りのポイントをブーストする。
- 8kHz 辺りをブーストすると派手な感じになる。

シンセリード系、フルート系

- ハイパスフィルタは 300Hz 位までいれてしまう。
- 正弦波に近い音なのであまりイコライザーの効きはよくないが、10kHz 辺りのポイントをブーストするとフルート系の音は息の音を強調できる。(逆に必要としない時はカットする)
- 音が攻撃的に聞こえる時は 2kHz 辺りをカットするといい。

クラビネット、シンセギター系

- ハイパスフィルタは 100Hz 位にする。
- 10kHz 辺りにきらびやかさの、3kHz 辺りに固さのポイントがある。
- 500Hz～1kHz の辺りをカットすると音がしまってくる。
- 倍音成分が重要な楽器なので、高音域に多少気に入らない部分があっても、下手にイコライジングしないでそのままの方がいい場合もある。

オルガン系

- ハイパスフィルタは 100Hz 位にする。
- 高域をブーストすると抜けがよくなる代わりに、厚さがなくなるので注意する。
- アタック音がうるさい時は 2kHz 位をカットしてみよう。
- 他の音と一緒にオルガンを鳴らす時には、シェルピングで低域を大まかにカットしておいた方が、他の音とのなじみがいい。結構簡単なようでイコライジングの難しい楽器だ。

オーケストラヒット

- 迫力を出したいからといって、むやみに低域をブーストするのは得策ではない。ピーキングで聞こえやすい低域(200Hz 辺り)をブーストしてやれば迫力が出るので、それより低いところはそのままにしておき、ハイパスフィルタを 50Hz 位にしておく。
- 全体の音と混ぜた時に音量が足りない感じがした時は、むやみにフェーダーを上げず、5kHz 辺りをピーキングイコライザーで少しブーストしてやると良い。

エレピ系

- YAMAHA DX-7 以降のエレピの音は、他の音と混ぜてもヌケがよいので、取り立ててイコライジングする必要はなく、ハイパスフィルタを 100Hz 辺りまで入れておくだけで良いことが多い。

- ローズ (Rhodes) に代表される電気ピアノ (機械的なハンマーアクションを持つもの) は、低域が多めになることが多いので、シェルビングで緩やかに低域をカットし、ハイパスフィルタを 100Hz まで入れる。アタックを強調したい時は 2kHz~4kHz 辺りをブーストしてやる といひ。また 10kHz 以上をカットすると古くさいピアノの感じになる。ローズという、最近ではローランド社が買収して普通の電子キーボードのイメージ が強いが、少し前まではローズというエレピの代名詞だった。今でもローズという時は電気式のエレピを指すことが多いので、一応知識として知っておこう。その他に電子ピアノで有名な物にウイリッツァー社のエレピがある。

アコースティックピアノ

- キーボードの音源として入っているアコースティックピアノは、結構高音を強調してあって (ローランドのキーボードや音源は特にその傾向が強い。)、そのままでも十分ヌケが良く、特にイコライジングの必要はないことが多い。この場合はハイパスフィルタだけを 100Hz 辺りまで入れておけばいい。

- 1 kHz 辺りをざっくりとカットして、10kHz 辺りをピーキングでブーストすると、ホンキートンク調のピアノの音になる。

- ピアノの音はメーカーによって非常に癖があって、必要に応じて音源を選んだ方がいい。一般的にバンドの中には入っているピアノの音 にはローランドの音源が向き、バラード系など静かなピアノにはコルグの音源が向く。カワイやヤマハの音源は他のメーカーの音源に比べてマイキングがオフ目 の感じがするので、ピアノだけになる部分がある曲などに良い。

- ヤマハの音源や、E-mu のプロテウスの音は中域の「押し」が強すぎる場合があるので、この場合は 2kHz 近辺を少しカットしてやる といひ。



図 17 キーボードのイコライジング

35. ヴォーカルの音作り

ヴォーカル、コーラスは、録音の時にちゃんと録てれば、リバーブをかけてフェーダー操作をすればいいだけなのだけど、まあそうじゃない場合もあるので、説明しておきましょうね。まずヴォーカルは必要以上に音量差があったり（ダイナミックレンジが広い）、歌詞の一部分だけ聞き取りにくかったりすることが多いんだな。これは本来フェーダー操作でフォローするものだが、手作業のミックスでは、ボーカルパートばかりに神経を集中させとくわけにもいかないので、そんな時はとりあえずコンプレッサーをかけるわけだ。とはいうものの、コンプレッサーにすべてをまかせようとする、確実にコンプレッサーのかけすぎになってしまうので、あくまでフェーダー操作の補助的に使うようにしよう。

35. 1 ヴォーカルの EQ ポイント

ハイパスフィルタは、声に変化しないぎりぎりまで入れておく。(大体 100~150Hz 位)

肝心なことはイコライジングで原音を損なわないように注意する。どうしても録音時の失敗を取り戻すイコライジングをしなくてはならなくなった場合は、以下を参考のこと。

声に暖かみが足りない場合は 700Hz 近辺をブーストする。声がキンキンする場合は、2kHz~4kHz をカットしてみよう。ヌケが悪い時は 8kHz 近辺をブーストするか、500Hz 近辺をカットしてみよう。

35. 1.1 エフェクトポイント

リバーブ

なんといってもなくてはならないのがリバーブだ。ヴォーカルの一部と考えて、他の音源以上に注意深く設定する。一般的にはプレート系のリバーブが多用される。これはプレート（鉄板）リバーブの明るい響きがヴォーカルに良く合うためだ。

バラードなどでよく聞かれるシビリアンス（歯擦音。日本語ではサ行の音に多い「しゅっ」っといった音の事）を強調したようなリバーブは、プレート系のリバーブをローカットしたり、高域のリバーブタイムを低域に対して長くするなどして作った物だ。（高域のリバーブタイムが低域のリバーブタイムに対して大きい残響など、自然界には存在しないが、デジタルリバーブなどを使えば簡単に実現できる。）

ヴォーカルに使うプレートリバーブは、比較的是っきりとメーカーや機種の違いが出やすいので、プロのエンジニアにはそれぞれ好みのヴォーカル用リバーブがある。比較的ソニーやレキシコンなどのメーカーのリバーブが得意とする系統の音だ。また特殊な効果としてリバーブタイムを 1sec 辺りにすると響きの殆ど感じないダブリングのようなリバーブになる。

ヴォーカルにかけるリバーブは、なにも 1 台に限られているわけではないので、キャラクターの違うリバーブを組み合わせて使う方法だ。（例えばリバーブタイムの

1.5sec 位の短い物と 2.5sec 位の長い物の組み合わせとか、プレートとホールリバーブの組み合わせなど)

ディレイ

ディレイをヴォーカルに使う時は、ロングディレイで歌詞の一部を何回か繰り返させる使い方が多い。これは今や当たり前になった使い方ではあるものの、言葉が繰り返すことのインパクトは結構大きいので、曲の中でアクセントをつけるエフェクトとしては未だによく使われる。また少し前までは、一拍ディレイを薄目にヴォーカルにかけっぱなしにするという使い方もよくあった。

その他には特殊な効果を狙って 30msec 位のシングルディレイでダブリングしてみたり、200msec 位のリピートディレイを使って、カラオケのような感じや 60's の様な感じを出すといった使い方もある。

コンプレッサー

コンプレッサーは必需品といってもいいだろう。ただしこのコンプレッサーの使い方は、楽器に音色を変化させようとしてかける時と違って、音色がなるべく変化しないようにしなければならないので、比較的あっさりとしたかけ方になり、レシオが 1:2~1:4 くらいで、ピーク時に -5db 位になるようスレッシュホールドを調整する。音を変化させるのが得意なコンプレッサーなら、使わない方がいい。

ノイズゲート

これは立ち上がりや消えぎわにどうしても不自然さが残るので、かけることはほとんどない。ヴォーカルのオーバーダブの時にってしまった余分な音は、(必要 などを消さないように細心の注意を払いながら) あらかじめ消去しておこう。デジタル MTR を使用している場合は、リハーサルモードにしておき、オートパンチイン、パンチアウトのタイミングを音を聞きながら指定して、OK ならばリハーサルモードを解除し、消去すると間違いがなくて便利。

エキサイタ

ヴォーカルにはよく使用されるエフェクトだが、エキサイタは「パラメータをこう動かすとうなると」といった結果がはっきりと分かりにくいエフェクターなので、パラメータやエフェクトの量は、聞きながら決めるしかない。基本的には攻撃的な音にしたい場合や、エキサイタの効果を強く得たい時などは、ODD (奇数次倍音) を多く、さりげなくかけた時は EVEN (偶数次倍音) を多めにするといい。馴れないいうちは (効果がわかりにくいので) かけすぎてしまうことが多いので注意が必要。エキサイタをオンオフして比べてみて、はじめて違いが判る程度にしておいた方がいいよ。

フランジャ・フェイザ

最近ではあまり聞かないが、70年代にはよく使われた。ジャパンというバンド（古いバンドなので知らないと思うが）のヴォーカルには、最初から最後までフ ランジャがかけあって独特の不思議な雰囲気を出すのに成功している。持続音の方が効果が判りやすいエフェクターなので、比較的ねちっこく唄っているヴォーカルなどには効果的だが、かけるのは一部分にしておいた方が一般的には無難だろう。

36. ミキシング

エンジニアは、演奏に対する意味を自分の言葉に直して理解しておく必要がある。その際に、図形を用いるとわかりやすくなる場合がある。左右が定位で、上下が周波数を示すハコなのだが（図 18）、どの楽器をどの位置に配置するかをイメージすると、音質や音量の変化を考える際の助けになる。こうしてイメージをしていくと、「バランスが悪く聴こえるのはここに隙間があるせいだ」といったことも見えてくるわけだ。

またこのハコは「2 ミックスとは区切られた空間に入れないといけないものだ」ということを意識させる点でも重要な意味がある。周波数、定位、音量レベルといった限界の中で、どのようにバランスを取っていくのか。当然、すべての楽器を大きくするわけにはいきませんから、限界の中で大きく聴かせるにはどうするかも考える必要が出てくる。ある楽器を大きく聴かせたい場合でも、実際にレベルをあげるのかそれとも「大きく聴こえる」方法を考えるのか。これは、トラックの荷台等の積み込みにも共通の「空間把握能力」が求められる作業と言える。例えば同じスペースが空いているにしても、違うものを入れれば荷物がもう 1 個入る。そう言った考え方で、楽器同士のバランスをうまくとっていくわけだ。

そういう意味では、CD やレコードなどを聴いてその空間イメージをテンプレート化する癖を付けておくのは、エンジニアにとって重要なことだ。これはお手本を真似するというのではなく、あくまでも抽象的なテンプレートのストックを増やしておく、ということだ。このことが、エンジニアとしての引き出しの多さにつながるといえる。

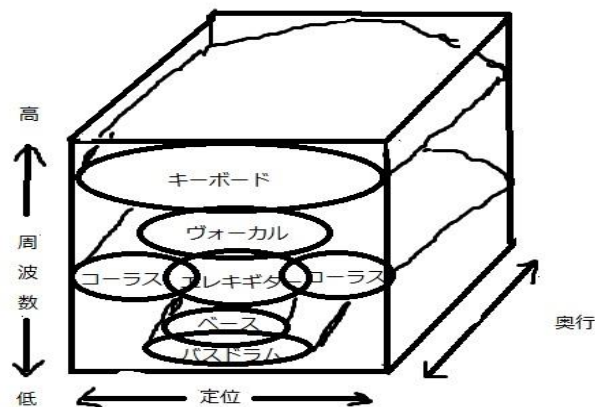


図 18 ハコの中に楽器を収めるイメージ

37. 位相と音とスピーカー

この章では、少し物理的でややこしくなるかもしれないが、これをちゃんとやるとスピーカーの振りの簡単にできる。簡単にできるという言い方は語弊があるかもしれないがこれを行うことではっきりとわかる。

私が高校の時に使っていた物理ノートを書いた方が早いのでそこから参照して、説明していく。

ある時刻の波形のグラフ ($y-x$ グラフ) を書く。

この波が右に向かって速さ v [m/s] で動いている。

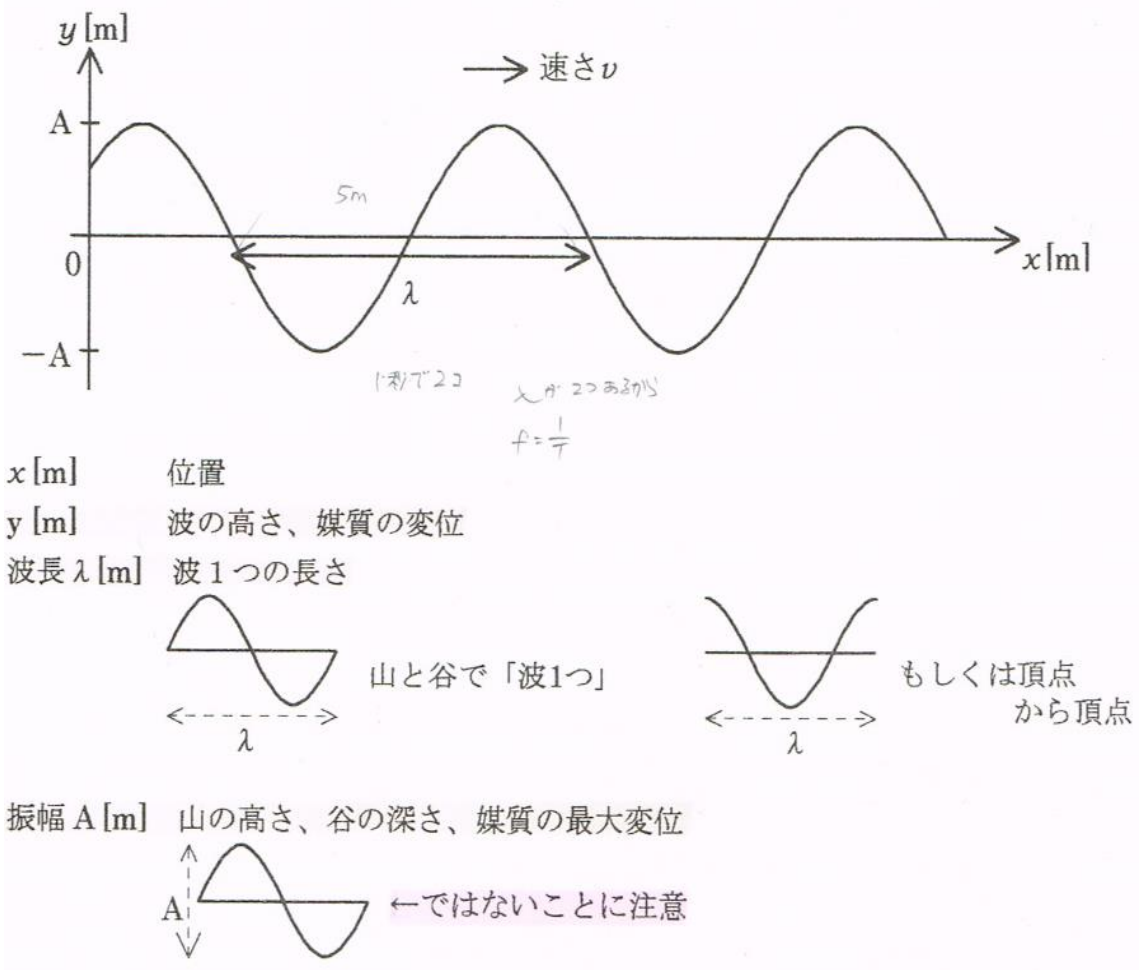


図 19 波を表す物理量

上記の図 19 では、音響をやっているがまあ知っていてもいいものではないかなと思う。初めの方に話したかもしれないが、音っていうのはこの波の速さが **340m** とされている。ことをまず理解しておきたい。

また、物理を習っていた人はこの公式を何度も目にしたと思うが、習っていない人もい
るし、復習がてら見直しておこう。

速さ v [m] 波が1秒間に進む距離

振動数 f [Hz] 1秒間に ある点を通過する波の数 = 1秒間にある点の媒質が振動する回数

周期 T [s] ある点を波1つが通過するのにかかる時間 = ある点の媒質が1回振動するの
にかかる時間

速さ v 、波長 λ 、振動数 f 、周期 T 、それぞれの定義を考えると、
次のような公式を作ることができる。

$$v = f\lambda$$

1秒間に進む距離 = 1秒間にある点を通過する波の数 \times 波1個の長さ

$$f = \frac{1}{T}$$

例えば 振動数 $f = 4$ [Hz] のとき 周期 $T = 0.25$ [s] である

1秒間に4個波が進む = 1個進むのに0.25秒かかる

(1秒間に4回振動する = 1回振動するのに0.25秒)

波は等速で動くので当然 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ も成り立つことを忘れてはならない

(速さ = 1秒間あたりに進む距離)

図 10 波の公式と定義

ここでスピーカーを設置するときに $v=f\lambda$ が役に立つ。なぜ役に立つのか、先ほども言ったように、音の速さ(V)は 340m、31 バンドの GEQ では、20,25,31.5,40,50,63,80,100,125,160 …8k,10k,12.5k,16k,20k などというように (f) Hz のように周波数があるとそれぞれの周波数の波の長さは、

周波数[Hz]	波の長さ[m]
20	17
25	13.6
31.5	10.79365079365079
40	8.5
50	6.8
63	5.396825396825397
80	4.25
100	3.4
125	2.72
160	2.125
200	1.7
250	1.36
315	1.079365079365079
400	0.85
500	0.68
630	0.5396825396825397
800	0.425
1k	0.34
1.25k	0.272
1.6k	0.2125
2k	0.17
2.5k	0.136
3.15k	0.1079365079365079
4k	0.085
5k	0.068
6.3k	0.053968253968254
8k	0.0425
10k	0.034
12.5k	0.0272
16k	0.02125
20k	0.017

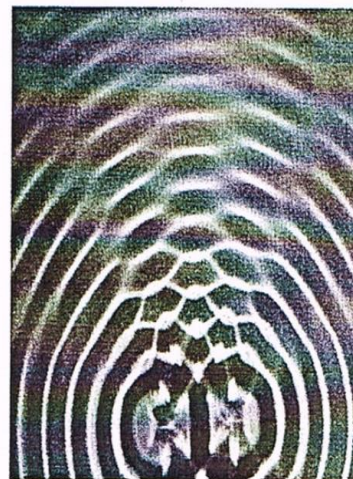
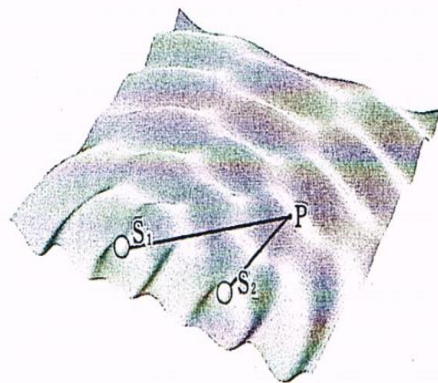
このようにだんだんと波の長さも短くなってしまふのだ。

だから、スピーカーの左右で 8cm 違うと 4k[Hz]の音の位相が変わってしまったり、スピーカーの置き方が中心から測って左右の長さが違うと低音はあまりわからないが、高音に行くにつれて、すこしずつだが位相が変わってしまう。

だから僕らエンジニアたちは、中心から測って左右のスピーカーの置く位置が数センチでも違ってはいけない。

そして、左右から位相の違った例えば 4k[Hz]が出た場合どうなるのか、それは波の干渉という言葉を学んでもらう。

2つの波が重なり合って、強め合う場所（振幅大）と、弱め合う場所（振幅0）ができる現象を、波の **干渉** という。



波源 S_1 、 S_2 が同位相・同振幅で振動するとき、ある点の干渉の様子を考える。

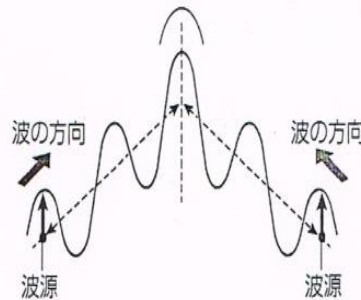
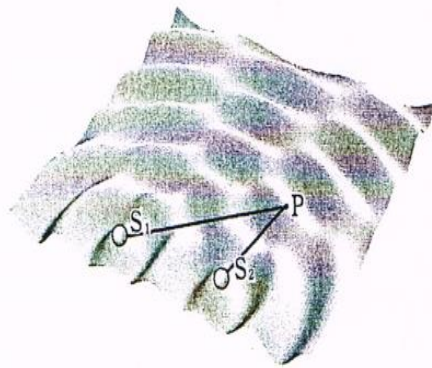
図 11 波の干渉 1

S_1 , S_2 がスピーカーの位置だと思っていてくれて構わない。

ある点Pにおいて、 S_1 からの波が山、 S_2 からの波が山のとき

→ 点Pの合成波は振幅2倍の山 → **強め合う** (両方谷なら2倍の谷 → これも強め合う)

点Pには、半周期後には S_1 、 S_2 から共に谷がくる。つまり、点Pは **常に** 強め合う。



ある点Qにおいて、 S_1 からの波が山、 S_2 からの波が谷のとき

→ 点Qの合成波は振幅0 → **弱め合う** (S_1 から谷、 S_2 から山でも0)

点Qは、半周期後には S_1 から谷、 S_2 から山がくる。つまり、点Qは **常に** 弱め合う。

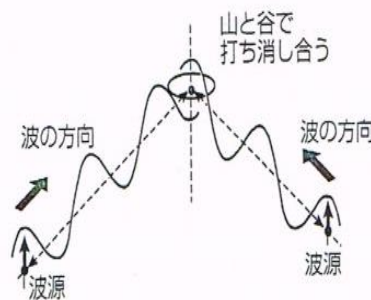
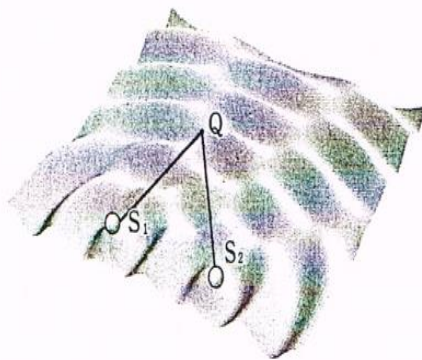


図 12 波の干渉 2

この $4k[\text{Hz}]$ が違う位相で出てきた場合、これは中心で弱めあってしまって $4k[\text{Hz}]$ の音が全く聞こえなくなってしまうのだ。

これは大問題だね。

だから僕らは中心を決めて、そこから左右、何メートル何センチなのかということ測ってスピーカーを置かないとダメなんだよ。

その点で、ホールとかは、左右対称で作られているから、結構わかりやすい。

そうそう最後になるかもしれないから、波の回折とか、疎密波とかってどういうことってイメージつかない人ように僕が高校のときに書いたノートがあるので載せておきます！

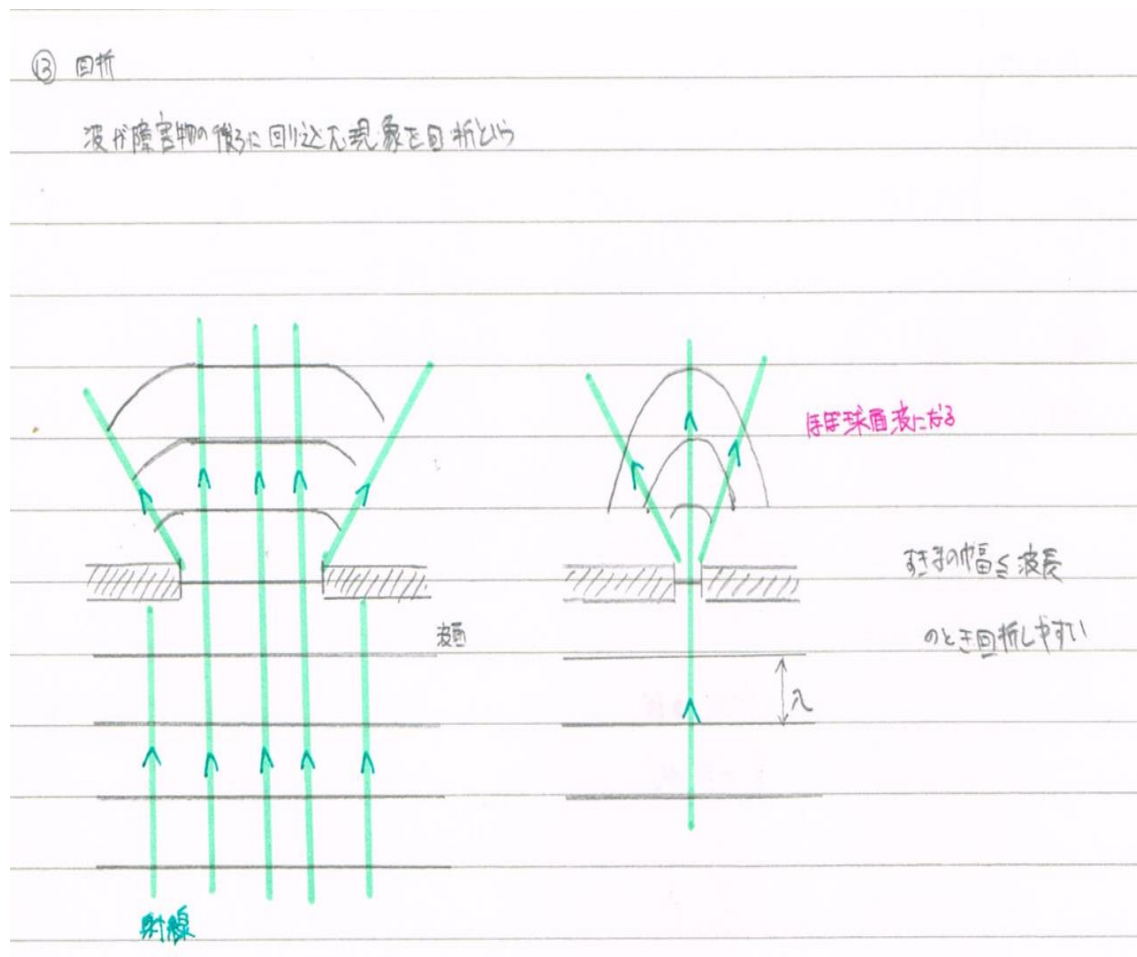


図 13 回折

まあ要するに波が障害物の後ろに回り込む現象を回折っていうんだけど、なぜ低音が回折しやすいのかっていうと、「すきまの幅よりも波の長さが大きいとき回折しやすい」って書いてあるよねだから低音が回折しやすいの！

⑥横波と縦波

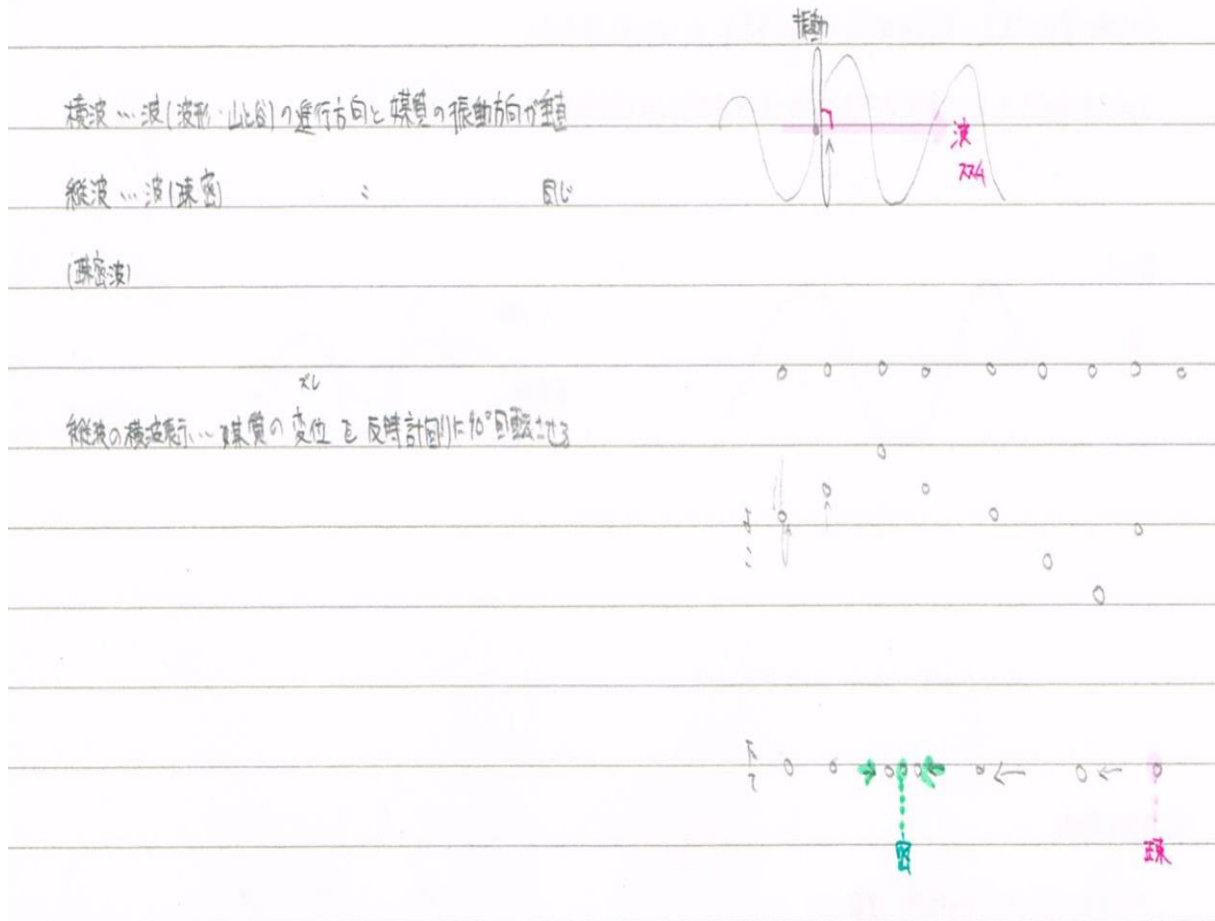


図 14 横波と縦波

字が小さくてごめんなさい。

書きます。

横波…波(波形・山と谷)の進行方向と媒質の振動方向が垂直

縦波…波(疎密)の進行方向と媒質の振動方向が同じ(音は縦波です。)

縦波の横波表示…媒質の変位(ズレ)を反時計回りに 90° 回転させる。

反時計まわりに 90° 回転させると以下ようになります。

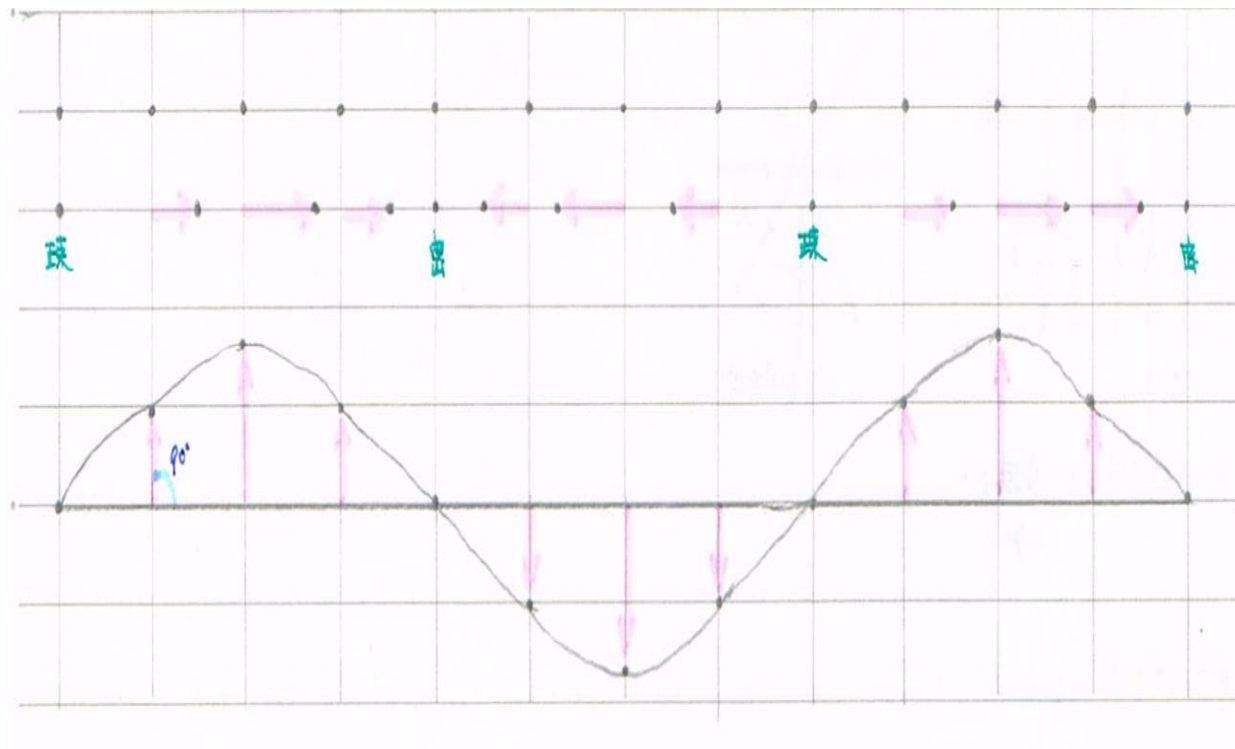


図 15 疎密波の横波表示

これで波ができるようになりました。今までイメージできなかった人もこれを見れば確かに波がイメージできるかと思います。