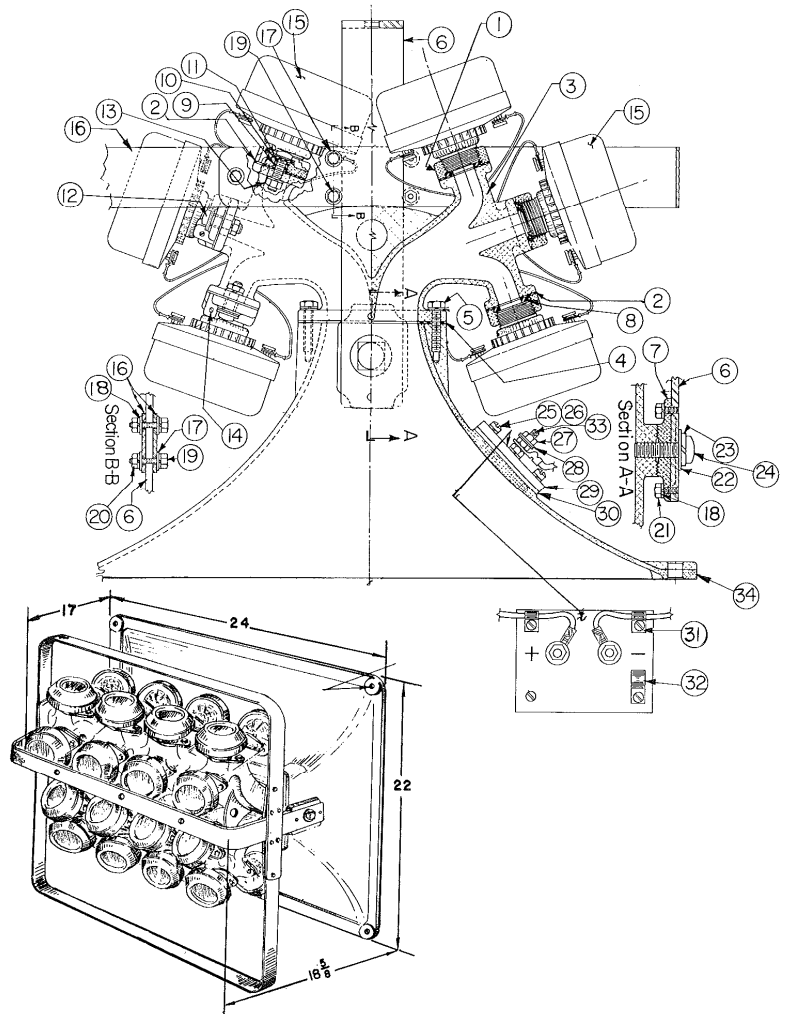


# サウンド・プロジェクターに至る ホーンの歴史を含む序論

ミドルクラスのハイ・インピーダンス機器



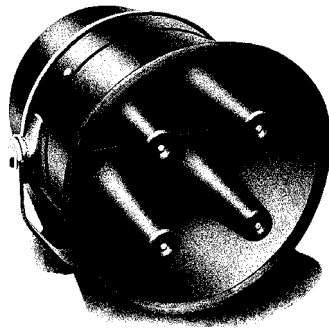
ホーンの歴史



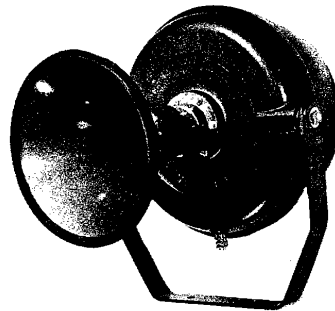
政治家のプロパガンダ演説、放送の拡声、戦場における拡声等の目的で 1930 年代の前半にパブリックアドレス設備が誕生した。パブリックアドレスとサウンドリフォーメントの違いについては様々な意見が出ており、ここでは述べないことにする(左の写真は、History of Public Address より)。

それ以来どれだけの音量を出すことができるかが、拡声設備のテーマとなったが、大出力のパワーアンプの開発が遅れ、ロングホーンと高能率コンプレッション・ドライバーの組み合わせだけでは足りなくなり、一つのホーンに複数のホーンを取り付けるという製品が 1970 年代まで続いた。

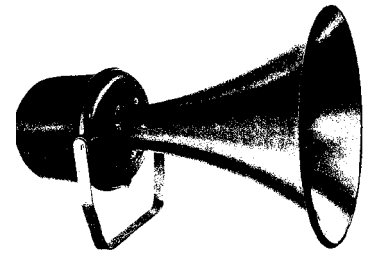
た。



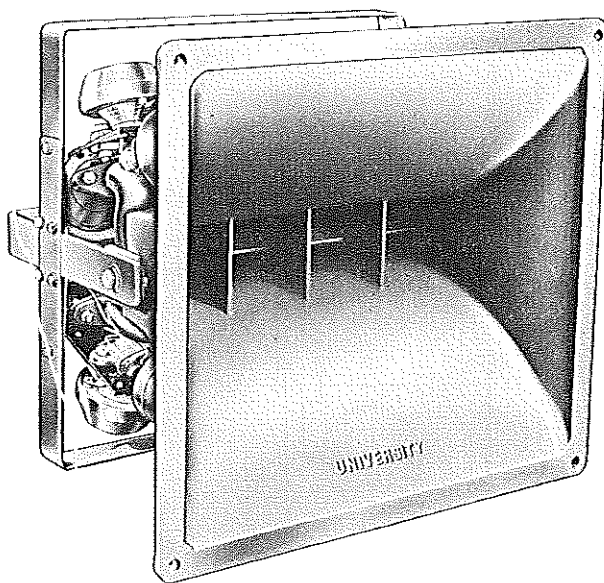
4A4S (4 個のコンプレッション・ドライバーを使用)



B6P (6 個のコンプレッション・ドライバーを使用)



B12P (12 個のコンプレッション・ドライバーを使用)



コッポラ監督の映画「地獄の黙示録」に出てくる University Sound の B24P。

24 個のコンプレッション・ドライバーが使われており、ベトナム戦争時(1975 年まで)には多数のヘリコプターに搭載され戦場を飛び回っていた。

製造会社の敷地にヘリコプターが飛来し、故障したコンプレッション・ドライバーを取り替えては飛び立っていったという。

音量が絶対必要という市場要求に的確に対応した製品。

この製品を模倣したものが数多く出てきたがすでに市場要求がなくどれだけ売ることができたかは不明。

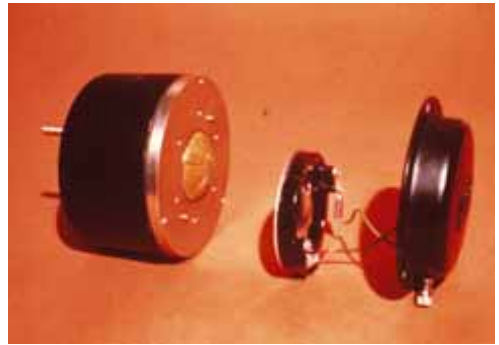
## 1. コンプレッション・ドライバー

ホーンを通過する際にかけられる負荷で、高い能率でコンプレッション・ドライバーから発せられる振幅を抑制することで安全に動作することが可能となる。

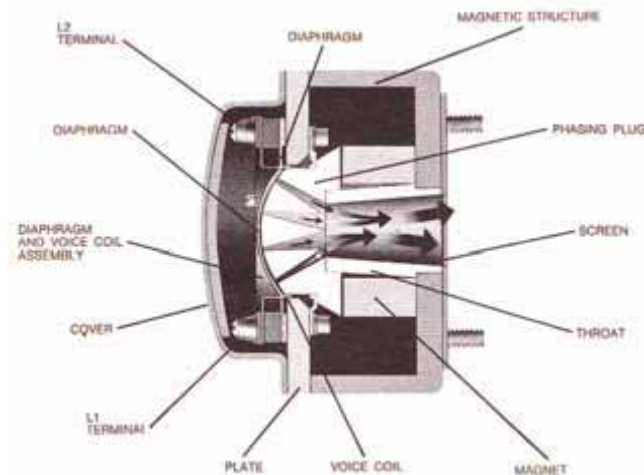
抑制を加えたとしてもダイレクト・ラジエーターと呼ばれるコーンタイプのラウドスピーカーよりも大きな音量を発生することができる。

コンプレッション・ドライバーに使われている小型かつ軽量な金属製ダイアフラムは、より大きな口径のフェルトや紙でできたダイレクト・ラジエーターよりも小さな歪みで高い帯域の周波数を再生することができる。

フェリクを浸潤させたダイアフラムがコンプレッション・ドライバーに使われることもあるが、大きな入力に耐えることができるものの、金属製ダイアフラムよりも重量が重くなってしまい高い帯域の周波数を再生しにくくなるため、サイレンや大きな入力を必要とするページング設備に使われることが多い。



## 2. フェージング・プラグ



ダイアフラムで発生する音エネルギーを、ホーンのスロートの入り口において位相を同じにすることによってホーンから出てくる音エネルギーの効率が最大限になるようにするため、コンプレッション・ドライバーにはフェージング・プラグと呼ばれる機構がある(左構造図を参照)。

フェージング・プラグは、コンプレッション・ドライバー内部でスムーズな音波の流れができるようその最終開口部まで注意深く作られた導管がある。

広い再生周波数特性、高い効率を備えたコンプレッション・ドライバーを製造するには、製造原価の高騰につながる複雑な形状を備えたフェージング

プラグを必要とする。

## 3. コンプレッション・ドライバーの性能測定

コンプレッション・ドライバーの性能は、一緒に使うホーンの性能によって変わってしまう。コンプレッション・ドライバーは幾種類かのホーンと組み合わせて使われるため、コンプレッション・ドライバーの性能をお互いに比較するのは困難になる。

米国音響学会ではコンプレッション・ドライバーの性能比較のためアルテックの329Aを標準ホーンとして指定し、製造各社は329Aに合う変換スロートを製造していた(右図は329Aとスロート)。



コンプレッション・ドライバーの性能を公平に測定するため、標準ホーンに変わってプレーンウェーブチューブ(PWT)を使用することが提唱された。プレーンウェーブチューブの一方の端末がコンプレッション・ドライバーの取り付け形状に合うようになっており、もう一方の端末はキャッ



- 単純なセクトラル・ホーン

単純なセクトラル・ホーンの前面は、パイを立てにスライスしたものに形が似ている(セクトラル・ホーン: 31A)。

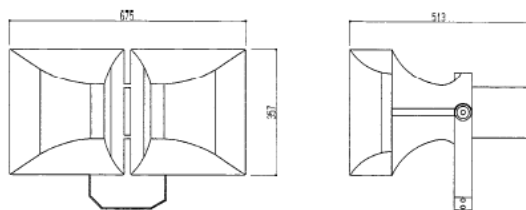
上から見た扇型の角度が、水平面でのホーンの指向角度とほぼ同じものになる。しかしながら、セクトラル・ホーンの側面形状は単純なものではないが、コンプレッション・ドライバーを取り付ける端(スロート側)から広がっていく端(開口側)への広がり(Exponent)を使って決めることができる。通常使用する公式はべき乗数(Exponent)を使った項であり、この公式を使った広がりを持つホーンをエクスポネンシャル・ホーンと呼ぶ。



ホーン内壁の角度は垂直面では変化をすることもなく、水平面では変化をしないため、垂直面の指向角度は周波数が高くなるにつれ狭くなっていく。ところが水平面の指向角度は比較的一定に維持される。

単純なセクトラル・ホーンとコンプレッション・ドライバーを組み合わせた設備では、ホーンの指向角度の端の方にいる聞き手に対して良好な音質を備えたサウンドを聞かせることは難しくなる。しかしながら、単純なセクトラル・ホーンは納得がいく価格であり比較的満足のいくサウンドを出してくれるため、多くの人々に使われる理由となる。しかしながら、残響時間が長い空間、騒音レベルが高い空間に使う場合には、他の機器を使用することを検討する必要がある。

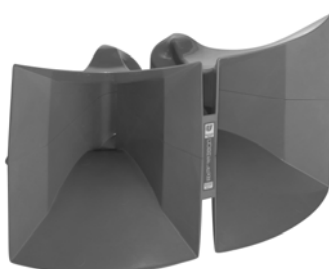
- 折り曲げホーン



ホーンで使うことができる最低周波数は、ホーンの開口部と直接関連を持ち、音波が伝わる経路長に沿った断面積の広がり率(そのひとつがエクスポネンシャル)にも関係している。それゆえに低い周波数まで再生しようとするとホーンの形状が大きくなってしまふ。

折り曲げホーンは、長いホーンを使ったら設置スペースに収まらないといった場合に用いられる。折り曲げホーンは図のようにホーン内部で折り曲がっており、小さい寸法で長い経路長を確保することができる。音波がスロートの折り曲げ部分で曲がらなくてはならないため、高いほうの周波数特性は幾分損なわれるが、スピーチの帯域(またはそれ以下の帯域)では理論に基づいて設計された折り曲げホーンを使用すれば、顕著な性能劣化はない(一見エクスポネンシャル形状をしているが、製造上の面倒くささから正確なエクスポネンシャルになっていない製品を見かける)。

CobreflexII は2本の折り曲げセルを1本のコンプレッション・



ドライバーにつなげる複雑な構造を持った折り曲げセクトラル・ホーンである(右写真)。折り曲げホーンのパフォーマンスを踏襲しているが、高域周波数の再生能力に優れている。

CobreflexIII は同系列の製品ではあるが、CobreflexII よりも広い指向角度を持っており、低域の効率も向上している。

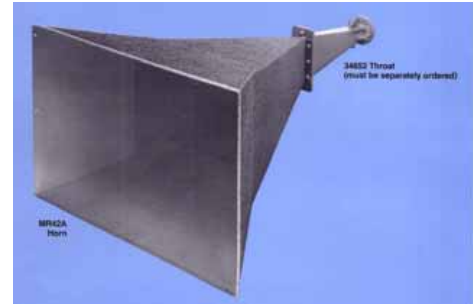
ある建設会社の技術研究所の非常に高い天井高を持つ施設の天井に CobreflexIII を吊り下げて使用した。米国では空港の飛行機整備工場や大規模自動車レース場、トラックヤードで多数使われている(参考資料:流通施設におけるサウンドシステム)。音の伝達性能が素晴らしい。特に50メートル以上はなれたときのその真価を余すところなく発揮する。

- 定指向性ホーン

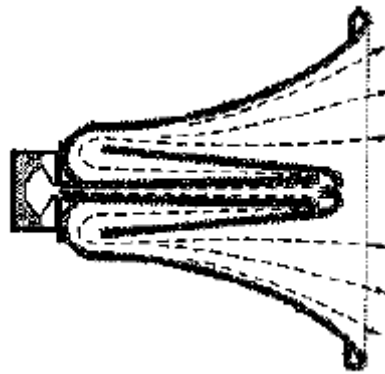
水平方向と垂直方向で周波数による指向角度が比較的一定のホーンを言う。エクスポーネンシャルと異なる拡がり率を持ち、独特の形状をした製品が多い。

余計な範囲に音が広がらないため、必要のない残響やエコーを作らない。指向性能に優れた定指向性ホーンは、効率も高く音を遠くに飛ばす性能に優れている。

後で述べるページング・プロジェクターに定指向性性能が求められる。



- リエントラント・ホーン



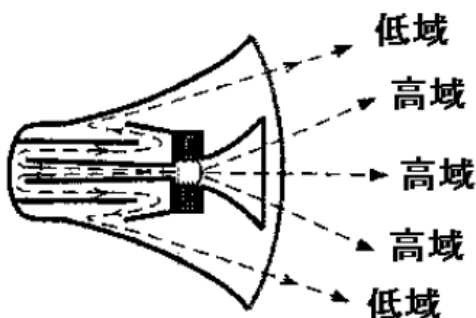
リエントラント・ホーンというのは折り曲げホーンの形式のひとつで、コンプレッション・ドライバー付のエクスポーネンシャル折り曲げホーンである。

コンプレッション・ドライバーから放射された音波は、ホーン後部にある小さなポートに入っていく、二倍の長さを持ったエクスポーネンシャル状に広がったホーンを通過していく。それ故に音波が再び入っていくという意味でリエントラント・ホーン(Re-Entrant Horn)と呼ばれる。

リエントラント・ホーンは、非常にコンパクトで軽量のため、ページング(呼び出し)設備に使われることが多くある。

しかしリエントラント・ホーンはその小さな形状のため低い周波数帯域の再生に問題があることと曲がった経路を通る際に高域の周波数特性が損なわれてしまうため、音楽の再生までおこなうフォアグラウンドミュージック(FGM)の再生には向いていない。リエントラント・ホーンの中には長方形や丸型の断面をしているものがある。

- コンパウンド・ディレクショナルホーン(CDP)



コンプレッション・ドライバーをホーンの前面に取り付けて低域を広報に、高域を直接前方に放射する形式を持ったホーンを言う。コンパウンド・ディレクショナルホーンとは複合した方向性を持ったホーンという意味を持っている。

大型と小型の2本のホーンに1個のコンプレッション・ドライバーが取り付けられており、ストレート形状の小型ホーンが大きな折り曲げホーンの内側に同軸上に配置されている。

低域と高域を再生する部分を分けたことにより、折り曲げる

ことにより生じる高域の損傷もなく今までのホーンよりも高い周波数帯域を放射することになり、自然な音響感を持たせることができる。また低域と高域が干渉を起こすこともない。

コンパウンド・ディレクショナルホーン(CDP)を始めて使った時、通常は垂直方向が水平方向と比較して小さいと思い込んでいた(セクトラル・ホーンの使い方)が、このホーンでは今までのホーンと設置方向が異なることを知った。そういえばラムサの定指向性ホーンは垂直方向のほうが大きかった。

CobreflexIII でも経験をしたことだが、スピーカーから遠く離れるほど従来のホーンとは違い音がはっきり聞こえてくる。特に高域が別になっている分広い周波数帯域が聞こえてきて音量を上げなくても明瞭性を保った音が聞こえてくる。

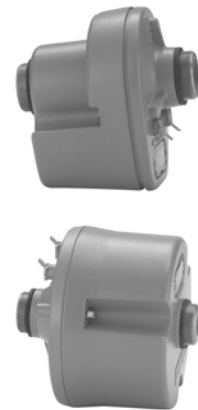
コンプレッション・ドライバーが専用という使いにくさはあるが、コンパウンド・ディレクショナルホーン(CDP)が持っている利点ははるかに大きい。



CDP849AT ホーン



CDP850T ホーン



1828T(上) 1829BT(下)

## 5. ページング・プロジェクター



呼び出しに使うだけでなく BGM の再生まで可能なラウドスピーカーを言う。

リエントラント・ホーンでは実現できなかった高域の再生、定指向性、明瞭性を兼ね備えている。新世代ラウドスピーカーの登場となった。

小型軽量であるにもかかわらず、広い再生周波数帯域、高い明瞭性、簡単な施工性、融通がきく調整能力といった市場が必要とする条件を兼ね備えている。

このラウドスピーカーを使ってみて、騒音レベルが高い場所でも音量を上げなくても呼び出し音が遠くまで届くことに驚きを感じた。施工が終わった後でラウドスピーカーの向きを少し変えたいと思うときにも、簡単に調整ができることがありがたかった。調整には周波数特性、音量の調整の他にも向きを変えるということも含まれている。

拡声設備を設置する前に施工空間の音響特性を調べておく必要がある。

残響時間が長い空間ではラウドスピーカーから大きな音量を出せば出すだけ余計に音が聞きづらくなっていく。音量が小さくてもしっかり音を聞き取れるラウドスピーカー、ダイナミックレンジを備えた電気設備が必要となる。

エコーや定在波が存在する空間でもラウドスピーカーの音量に頼ってはいけない。悪循環を増長する結果となる。

騒音レベルが大きい空間において騒音レベルよりも大きな音量を出せばどのようなことになるのか、その場

にいる人々は耳をつんざく音量に悩まされることになる。静かな環境が保障されるホールやスタジオよりも、汎用空間のほうが寄り多くの知恵を導入する必要がある。

## 6. サウンド・プロジェクター



音量を確保できるだけでなく、明瞭性も高く、表現力も高い、そして意匠にもマッチングする配慮をなされた製品がサウンド・プロジェクターである。

設置方法も天井に取り付けるだけではなく、天井からつり下げたり、軒下に取り付けたり、壁面に取り付けたりと非常にバリエーションに富んだ対応が出来る。特に壁面に取り付ける製品が有効である。

双方向に音を放射する製品もある。

### ● ペンダント・スピーカー

天井高が異なる平面の空間でもペンダントのケーブルを調整して聞き手の耳との距離を同一にすることができる。均等な音圧レベルの確保には最適な要素である。



PENTON GB/20T



BOSCH LS1-UC20E

### ● 軒下スピーカー

雨は直接かかることはないのだけれど、防水処理は必要という軒下でまともな音を出したいという要望が多くある。かつ店舗ではあまり武骨な形をして欲しくないという。そのような要求の中で生まれた製品が軒下スピーカーと呼ばれる。



PENTON CAD10/T,20/T



PENTON PMC/4T



BOSCH LP1-UC20E



- 双方向スピーカー

天井面または壁面に取り付けて両方向に音を伝えたいことが多数ある。そのような要望に応じて双方向スピーカーが生まれた。

昔から同様の製品は存在したが、最近意匠性を備えた製品が多数出てきている。



BOSCH LP1-BC10



PENTON CELL10/BTC

- 壁面スピーカー

壁面スピーカーが数多く出てきている。商業空間だけでなく会議室等にも良く使われるようになった。聞き手の近くに設置できるため、大きな音量を出さなくてすむと言うのが壁面スピーカーの普及がみられる理由である。



AUDICA Micro



BOSTON VRi593



PENTON PBC6/T,10/T

- 天井スピーカー

今までは天井スピーカーといえば 6.5 インチ(160 ミリ)径の製品が一般的で製品の選択肢が限られてきたが、3 インチ(75 ミリ)径から 12 インチ(300 ミリ)径まで非常にバリエーションに富んだ製品が登場してきた。160 ミリ径のスピーカーユニットを使っているにもかかわらずグリルの大きさが 250 ミリ以上ある場合が多く、低い天井高の空間で使用すると天井スピーカーばかり目立つことが多かった。目立たないか、用途に合った多種類の製品構成を求められるようになった。

天井スピーカーを決める要因は以下の通りである。

- ・天井高によって使うスピーカーを選択する必要がある。 人間の聴覚は垂直方向が鈍いため、高い天井に設置する天井スピーカーには明瞭度が求められる。高天井スピーカーが存在する。
- ・再生する音源によって使うスピーカーを選択する必要がある。 大きな口径の天井スピーカーを使うか、低域を追加するサブウーハーの使用も検討しなくてはいけない。
- ・一般的に小口径の天井スピーカーは指向角度が広く(サービス範囲が広い)、大口径の天井スピーカーは指向角度が狭い。 低い天井高の空間には、指向角度の広い天井スピーカーを使用する。

### 天井スピーカーのバリエーション



小口径(105 ミリ)  
PENTON RCS3/T



高天井用  
Electro-Voice C8.2HC



首振り可能  
TANOY CMS401e



ステレオイメージ再生  
BOSTON VRi585i2h



広帯域 3WAY  
BOSTON VRi595



天井設置ウーハー  
Electro-Voice C10.1



高天井、広範囲カバー  
BOSCH LS1-OC100E

## 7. 特殊なラウドスピーカー

市場には数多くの特殊用途ラウドスピーカーが存在する。

## ● 水中ラウドスピーカー



水中で音を出して指示を与えたり、シンクロナイズスイミングに使用したりする。  
水中で音を出したいという用途は意外に多く、大規模養殖漁業における魚に対する給餌装置、酒や味噌の醸造促進にも多数使われている。

(EVIcommercial UW-30)

## ● 冷凍倉庫用ラウドスピーカー

-70 から+70 までの広い範囲で使用可能である。

冷凍倉庫だけでなく、水蒸気の立ち込めるボイラールーム、コケが発生する湿度の多い空間(トンネル、音質等)で使用することが可能である。

元来砲塔内の拡声に使うことを目的に開発された製品で、大きな爆風に耐えることができるように設計されている。

自動車トンネルのブラシ洗浄に対しても振動部が破損することはない。



壁面取付け  
MM2F



スタンド型  
MM2



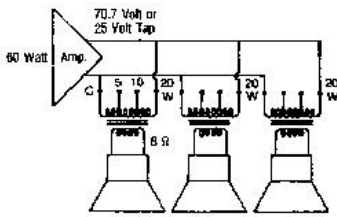
トランス内蔵可能  
MM2TC

EVIcommercial MM シリーズ

特殊用途のスピーカーは多数存在する。

- 防爆スピーカー
- サイレン用スピーカー
- 狭い範囲に音を届ける超指向性スピーカー
- ゲリラ撃退用スピーカー
- 鳥獣追い払いスピーカー(滑走路)
- 振動スピーカー

## 8. マッチングトランス



ミドルクラスのハイ・インピーダンス機器を語る上で、マッチングトランスは設備のグレードの良し悪しの基準となる。

100 Hz から 8,000Hz までの周波数特性しか備えておらず、マッチングトランスを使うだけで 2 dB 以上の挿入損失がある製品に慣れきた人々にとってハイ・インピーダンスの設備は音の悪いものという思いしか持たないであろう。パワーアンプの出力とラウドスピーカー

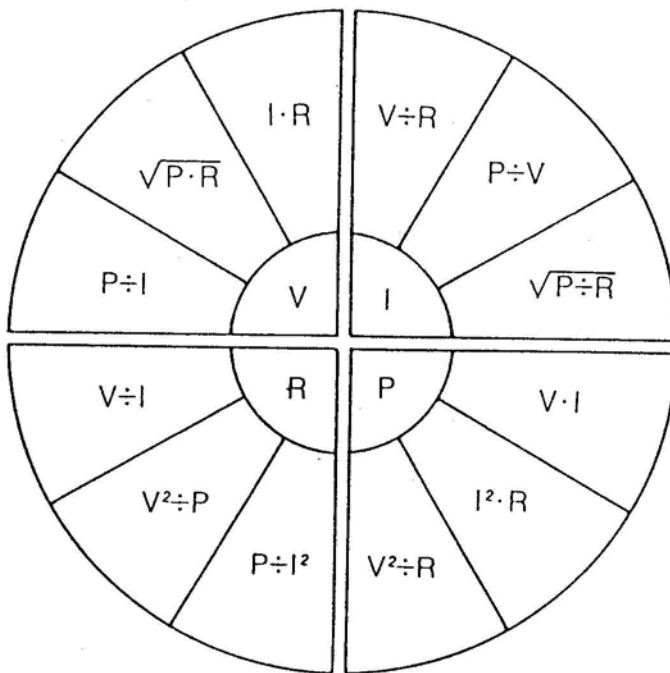
の入力で合計 3 dB もの挿入損失を持つということはパワーアンプの出力の半分をトランスだけで消費するという意味を意味する。

せっかくハイ・インピーダンスにする意味の大半が薄れてしまう。

世界標準のマッチングトランスは 35 Hz から 13,000 Hz という広い数端数帯域を持ち、挿入損失が 0.5 dB 前後である。音を聞いただけでこれがハイ・インピーダンスの設備であるかと耳を疑うものがある。

ミドルクラスのハイ・インピーダンス機器、より一層の明瞭性、音の表現力が求められるのがサウンド・プロジェクトである。

ヨーロッパのミドルクラスのハイ・インピーダンス機器が最近急激に日本の市場に進出してきている。ベントン、ボッシュ、タンノイ、オーディカなど品の良い仕上げと洗練された外観を持つ製品が目白押しである。ヨーロッパという競争の激しい市場で鍛え抜かれた製品群、商業空間、交通施設、教育施設、宗教施設、流通施設、産業施設彼らに活躍の場は多く残っている。



音量だけでなく、周波数特性、明瞭性、表現力が伴ったミドルクラスのハイ・インピーダンス機器の時代の幕開け登場である。

ミドルクラスのハイ・インピーダンス機器を語る上でラウドスピーカーだけでなくマイクロホン、ミキサー、プロセッサ、パワーアンプという全体設備、機器の取り付け設置方法、調整、オペレーション、機器の維持管理といった全体システムについて検討をはかっていかなければいけない。

ハイ・インピーダンスの設備は難しいと思われがちであるが、オームの法則を理解出来れば誰でも対応可能である。まずは左の図を手元においていつでも見ることができ

るようにしておこう。

## 9. まとめ

ここではラウドスピーカーだけの歴史を書いてみたが、確実に音を届け、目的に合った音を出すためには、マイク、ミキサー、プロセッサ、パワーアンプといった設備全体と、設置環境、設置方法といった全体を考えていかなければいけない。