



## 第V章

### 屋内 リンフォースメント システム

第II、IIIおよびIV章はこの章‘屋内 リンフォースメント システム’をより理解してもらう為に用意してあります。

音響システムの成分、ルーム アコースティックおよび聴取者間の相互作用は実に複雑で、この相互作用についての説明は屋内における音響特性の見直しから始められます。

ライブの部屋で大きな音を発し、その音の残響を聞いた経験があるはずで。

普通、教会、オーデトリウム等の大きい建築物を考えた場合、その建築物内の表面で音エネルギーの吸収があります。

このような部屋でインパルス音を発した場合図5.1に示すように反響音が出ます。

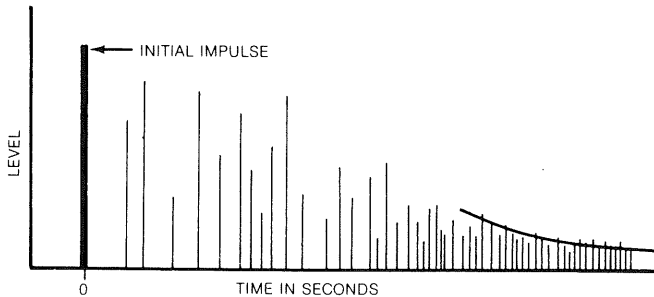


図 5.1

インパルスの後に反響が最初は少なく、時間の経過につれて次第に多く続きます。

これはライブの部屋について説明する時、各反響ごとに少しずつのエネルギー吸収があることを意味します。

この場合反響音はある時間連続し、反響密度が濃くなるにつれて分離した音として感知できなくなり、むしろ残響と呼ばれている音の連続減衰となります。

‘デッド’の部屋においては、多くのエネルギーは各反響ごとに吸収され、音は少しずつ弱まり残響は現われません。

### 吸音率

吸音率(a)は部屋を構成する材料および周波数により異なり、トータル サウンド エネルギーと吸収されるサウンド エネルギーの比で表わされます。

同様に、1-a は反響したサウンド エネルギーの比です。最初のエネルギー レベルをEとし、Ea を最初の反響で吸収されたレベルとした場合、E(1-a)は反響音となります。これを図5.2に示します。

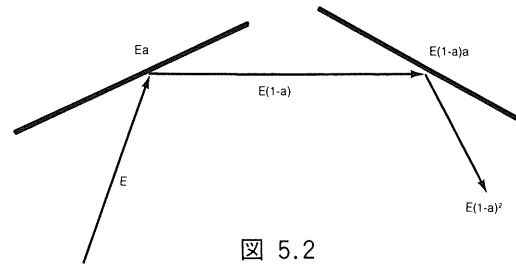


図 5.2

反響面と吸音率との間にはかなりの変化がある為、初期反響は図5.1に示すようにほとんどランダムな特性を持ちます。

音は反響音の密度が増えることにより通常のリニア減衰のようになります。

ほとんどのオーデトリウムにおいて、初期の不連続反響は約50ms(1/20秒)周期で感知することができます。

部屋の複数反響は部屋の各表面全てに影響する為、部屋の平均吸音率(a)について考えなければなりません。

下記のように平均吸音率は計算できます。

$$\bar{a} = \frac{S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}$$

この式で、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、……S<sub>n</sub>は部屋を構成する表面材料の各表面積を表わし、a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>、a<sub>n</sub>はそれぞれの吸音率です。

一般建築に使用されている材料の周波数に対する吸音率を下表に示します。(詳しい吸音率表は各建築音響の文献を参照)

#### 一般建築に使用されている材料の吸音率

| 材 料  | 吸 音 率 |       |       |        |        |        |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|  | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1000Hz | 2000Hz | 4000Hz |
| 煉瓦、素焼き                                       | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.04   | 0.05   | 0.07   |
| 煉瓦、素焼き、塗装                                    | 0.01  | 0.01  | 0.02  | 0.02   | 0.02   | 0.03   |
| カーペット(厚手)、コンクリート直敷き                          | 0.02  | 0.06  | 0.14  | 0.37   | 0.60   | 0.65   |
| カーペット(厚手)、40oz ヘアーフェルトまたはフォームラバー敷き           | 0.08  | 0.24  | 0.57  | 0.69   | 0.71   | 0.73   |
| カーペット(厚手)、不浸透ラテックス付、40oz ヘアーフェルトまたはフォームラバー敷き | 0.08  | 0.27  | 0.39  | 0.34   | 0.48   | 0.63   |
| コンクリート ブロック、粗目                               | 0.36  | 0.44  | 0.31  | 0.29   | 0.39   | 0.25   |
| コンクリート ブロック、塗装                               | 0.10  | 0.05  | 0.06  | 0.07   | 0.09   | 0.08   |
| 建 材  |       |       |       |        |        |        |
| 軽量ベロア、スクエア ヤード当り 10oz、壁張り                    | 0.03  | 0.04  | 0.11  | 0.17   | 0.24   | 0.35   |
| 中量ベロア、スクエア ヤード当り 14oz、半表面を覆う                 | 0.07  | 0.31  | 0.49  | 0.75   | 0.70   | 0.60   |
| 重量ベロア、スクエア ヤード当り 18oz、半表面を覆う                 | 0.14  | 0.35  | 0.55  | 0.72   | 0.70   | 0.65   |
| 床  |       |       |       |        |        |        |
| コンクリートまたは研ぎ出しセメント                            | 0.01  | 0.01  | 0.015 | 0.02   | 0.02   | 0.02   |
| リノリウム、アスファルト、ラバー、コルクタイル、コンクリート直敷き            | 0.02  | 0.03  | 0.03  | 0.03   | 0.03   | 0.02   |
| 木  |       |       |       |        |        |        |
| 寄せ木細工、コンクリート+アスファルト上                         | 0.15  | 0.11  | 0.10  | 0.07   | 0.06   | 0.07   |
|  | 0.04  | 0.04  | 0.07  | 0.06   | 0.06   | 0.07   |

| 材 料                          | 吸 音 率 |       |           |        |        |        |
|------------------------------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|
|                              | 125Hz | 250Hz | 500Hz     | 1000Hz | 2000Hz | 4000Hz |
| ガラス                          |       |       |           |        |        |        |
| 重量ガラスの大窓                     | 0.18  | 0.06  | 0.04      | 0.03   | 0.02   | 0.02   |
| 通常の窓ガラス                      | 0.35  | 0.25  | 0.18      | 0.12   | 0.07   | 0.04   |
| 石膏ボード                        | 0.29  | 0.10  | 0.05      | 0.04   | 0.07   | 0.09   |
| 大理石、タイル                      | 0.01  | 0.01  | 0.01      | 0.01   | 0.02   | 0.02   |
| 広 場                          |       |       |           |        |        |        |
| ステージ、備品による                   | —     | —     | 0.25~0.75 | —      | —      | —      |
| 深いバルコニー                      | —     | —     | 0.50~1.00 | —      | —      | —      |
| グリル                          | —     | —     | 0.15~0.50 | —      | —      | —      |
| しっくい、石膏、石灰、タイルまたは煉瓦上で平仕上げ    | 0.013 | 0.015 | 0.02      | 0.03   | 0.04   | 0.05   |
| しっくい、石膏、石灰、板上で荒仕上げ           | 0.02  | 0.03  | 0.04      | 0.05   | 0.04   | 0.03   |
| しっくい、石膏、石灰、板上で平仕上げ           | 0.02  | 0.02  | 0.03      | 0.04   | 0.04   | 0.03   |
| 合板パネル 3/8"厚                  | 0.28  | 0.22  | 0.17      | 0.09   | 0.10   | 0.11   |
| 水表面、水泳プール等                   | 0.008 | 0.008 | 0.013     | 0.015  | 0.020  | 0.025  |
| 空中、1000キュービックフィート当たり (sabin) | —     | —     | —         | 0.9    | 2.3    | 7.2    |

座席および観客の吸音  
1人当たりまたは1座席当りの値 (Sabin)

|                              | 125Hz   | 250Hz   | 500Hz   | 1000Hz  | 2000Hz  | 4000Hz  |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 座席に観客のいる時                    | 2.5~4.0 | 3.5~5.0 | 4.0~5.5 | 4.5~6.5 | 5.0~7.0 | 4.5~7.0 |
| 座席、重量詰め物で織物張り                | 1.5~3.5 | 3.5~4.5 | 4.0~5.0 | 4.0~5.5 | 3.5~5.5 | 3.5~4.5 |
| 座席、重量詰め物でレザーまたはプラスチック張り      | 2.5~3.5 | 3.0~4.5 | 3.0~4.0 | 2.0~4.0 | 1.5~3.5 | 1.0~3.0 |
| 座席、軽量詰め物でレザーまたはプラスチック張り      | —       | —       | 1.5~2.0 | —       | —       | —       |
| 座席、ベニヤ、詰め物なし                 | 0.15    | 0.20    | 0.25    | 0.30    | 0.50    | 0.50    |
| 教会の座席、クッションなし、長さ18"当り        | —       | —       | 0.40    | —       | —       | —       |
| 教会の座席、クッションあり、長さ18"当り        | —       | —       | 1.8~2.3 | —       | —       | —       |
| 技術文献は観客の吸音計算に関して他の方法を現しています。 |         |         |         |         |         |         |
| 床の1スクエア フィート当り               |         |         |         |         |         |         |
| 観客が座席にいる時                    | .60     | .75     | .85     | .95     | .95     | .85     |
| 座席に観客がいない時                   |         |         |         |         |         |         |
| 1座席当り                        | .50     | .65     | .80     | .90     | .80     | .70     |

残響時間 (T<sub>60</sub>)

T<sub>60</sub> は初期値より 60dB まで減衰する残響音圧の時間です。  
ライブな部屋において、T<sub>60</sub> は部屋の容量 (V) に比例し、表面積 (S) および平均吸音率 (a) に反比例します。  
T<sub>60</sub> は下記の様に表わされます。

$$T_{60} = \frac{0.05V}{Sa}$$

メートル法によると

$$T_{60} = \frac{0.161V}{Sa}$$

T<sub>60</sub> の正確な表現は Norris および Eyring により計算されています。

$$T_{60} = \frac{0.05V}{-S \ln(1-a)}$$

上記両式は十分に拡散する音場については適応できますが天井、床、壁等に異なる材料を使用した天井の低い部屋においては音の十分な拡散ができない為にこの式は適応できません。

60dB までの減衰音が聞ける部屋は珍しく、普通ノイズが減衰最後の20または 25dB をマスキングしてしまいますので、ほと

んどどの部屋における残響時間はその部屋の実際の T<sub>60</sub> より短くなります。

残響時間は対数表示によるチャート レコーダーにより表わされる減衰を見ることにより測定できます。

dB で表示される音圧レベルは時間と一定したスロープでプロットされます。

図5.3は2つの代表的な減衰を表わし、(a)は拡散の少ない部屋で、(b)は拡散のある部屋です。

図5.3(a)は0.5秒で約30dBの減衰スロープであり、これは勿論1秒で60dBに相当し、それ故 T<sub>60</sub> は1秒となります。

一方(b)は0.5秒で約40dBであり、T<sub>60</sub> は .75秒となります。

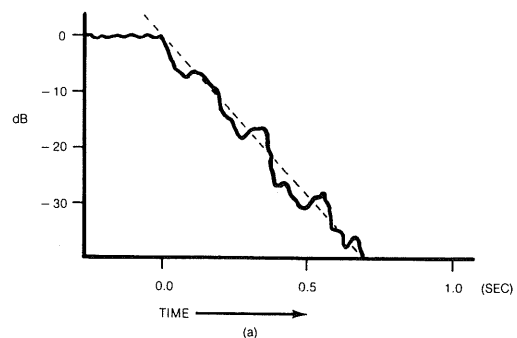


図 5.3

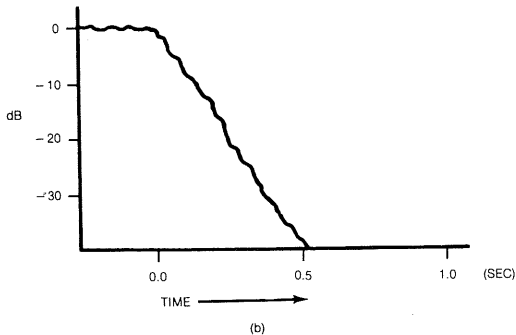


図 5.3

### 吸音および部屋定数

吸音率0.75の材料による100スクエアフィートの部屋について考えます。この積  $Sa$  は75スクエアフィートで、これは100スクエアフィートの部屋が実際には全体で75スクエアフィートの吸音力をもつことを意味しています。

この  $Sa$  の単位は Sabin で、1 Sabin は1スクエアフィートの吸音力と定義されます。

また部屋の中にいる人も他の物質と同様に音を吸収します。しかし人間の吸音率を表わすことは難しく、普通平均的に約4 Sabin の吸音力があるとみなしています。

### 例

100'×60'×25'の部屋があると仮定します。

床はコンクリート上にカーペットが敷いてあり、天井は合板です。壁表面の30%は厚手のカーテン、40%は合板、30%は窓からできています。

部屋の平均吸音率を出し、Sabin および Norris-Eyring の式を使用することにより 500Hz における残響時間の計算をします。

| 表面      | 吸音率  | 面積         | $Sa$ (Sabins) |
|---------|------|------------|---------------|
| 床       | 0.14 | 6,000      | 840           |
| 天井      | 0.17 | 6,000      | 1,020         |
| 壁(カーテン) | 0.55 | 5,000(0.3) | 825           |
| 壁(窓)    | 0.18 | 5,000(0.3) | 270           |
| 壁(合板)   | 0.17 | 5,000(0.4) | 340           |
|         |      | 17,000     | 3,295         |

$$\bar{a} = \frac{Sa_{\text{合計}}}{\text{面積}} = \frac{3295}{17000} = 0.19$$

容積 = 100×60×25 = 150,000 キュービックフィート

$$T_{60}(\text{Sabin}) = \frac{0.05V}{Sa} = \frac{(0.05)150,000}{3295} = 2.28 \text{ 秒}$$

$$T_{60}(\text{Norris-Eyring}) = \frac{0.05V}{-S \ln(1-\bar{a})} = 2.09 \text{ 秒}$$

次に部屋に120人を収容した場合の500 Hz における残響時間を計算します。

1人当たりの吸音力は4 Sabin であることから、全吸音力は

$$3295 + (120)4 = 3775 \text{ Sabin}$$

$$T_{60}(\text{Sabin}) = \frac{0.05V}{Sa} = \frac{0.05(150,000)}{3775} = 1.99 \text{ 秒}$$

$$\bar{a} = \frac{Sa_{\text{合計}}}{\text{面積}} = \frac{3775}{17,000} = 0.22$$

$$T_{60}(\text{Norris-Eyring}) = \frac{0.05V}{-S \ln(1-\bar{a})} = 1.78 \text{ 秒}$$

図5.4は Norris-Eyring 残響式を図にしたものです。

部屋の容積および全体の吸音力が出ている場合、この図より簡単に残響時間が読み取れます。

例えば、200,000キュービックフィートの部屋で、8,000 Sabin の吸音力がある場合、 $T_{60}$  は1秒となります。

また、残響時間および容積が出ている場合は Sabin の全吸音力を読み取ることができます。

例えば、500,000キュービックフィートの部屋で残響時間が2秒の場合、図より吸音力は10,000 Sabin になります。

また部屋の表面積が出ている場合、簡単に平均吸音率が算出できます。表面積が50,000スクエアフィートの時

$$\bar{a} = \frac{Sa}{S} = \frac{10,000}{50,000} = 0.2$$

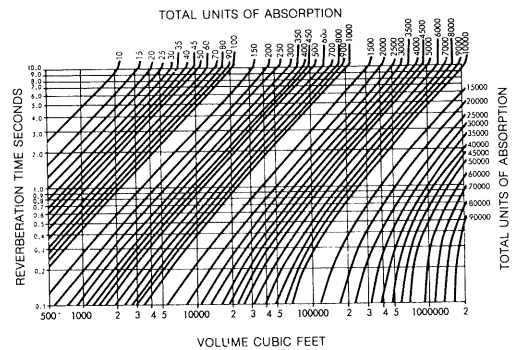


図 5.4

一方、部屋定数(R)は下記のように定義されます。

$$R = \frac{Sa}{1-\bar{a}}$$

このRは部屋における直接音対残響音エネルギー比の決定に重要なものです。

### 室内音の減衰

音源から離れることにより音は次第に減衰していきます。

これは図5.5に示す通りです。

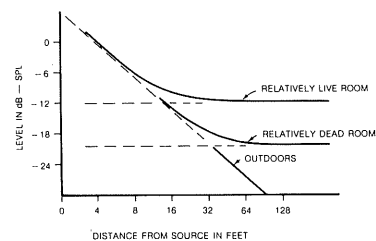


図 5.5

これは室内の直接音と残響音との相互作用により変わります。

直接音場の強さは音源の音響パワー、その指向特性(Q)および聴取者の距離により異なります。

減衰曲線は音源の距離に反比例し、距離が倍になる毎に6 dB 減衰します。

残響音場は拡散角度により一定ではなく、そのレベルは部屋定数(R)および音源の音響パワーにより決まります。

下記に直接音と残響音の関係を示します。

$$\text{距離 } r \text{ における損失(dB)} = 10 \log \left[ \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right]$$

$r$  : 音源からの距離

$Q$  : 音源の指向率

$R$  : 部屋定数

この式にはパワー関数がない為に、距離の値を入れ、その距離における音圧を得ることができません。この式の場合、2ヶ所の距離の値を入れ、その間の音圧の損失を算出することになります。

図5.6にこの関係を示します。

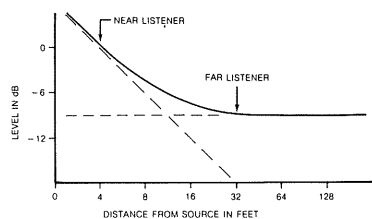


図 5.6

音源軸上4フィートの距離から32フィートの距離までの dB 損失を計算してみます。Qを10、Rを1000とした場合

$$\text{損失}(4') = \log \left[ \frac{10}{4\pi(4)^2} + \frac{4}{1000} \right] = -12.7\text{dB}$$

$$\text{損失}(32') = 10 \log \left[ \frac{10}{4\pi(32)^2} + \frac{4}{1000} \right] = -23.2\text{dB}$$

この差は23.2-12.7=10.5dB となります。

一方、野外における4フィートと32フィート間の損失は

$$\text{損失} = 20 \log \left( \frac{32'}{4'} \right) = 20 \log 8 = 18\text{dB}$$

室内における軸上のレスポンスは、同じ屋外システムに較べて7.5dB レベルが高いことになり、この差を‘ルームゲイン’と呼んでいます。

これはシステムの電氣的パワーに加え有効に使用することができます。

上記の計算はALTEC 計算尺(AL-1137)により簡単に行なうことができます。

### 臨界距離

臨界距離 ( $D_c$ ) は直接音と残響音が等しい音源からの距離です。

図5.5および5.6において  $D_c$  は両点線が交わる距離です。

減衰方程式の各項が等しい時、 $D_c$  が決まります。

$r$  の結果値が  $D_c$  となります。

$$\frac{Q}{4\pi r^2} = \frac{4}{R}$$

$$r^2 = \frac{QR}{16\pi}$$

$$r = D_c = 0.14\sqrt{QR}$$

$D_c$  は聴取者の位置における直接音対残響音比を決めるのに重要なファクターです。

$D_c$  は音源の指向角度により変化します。

これは図5.7に示します。

聴取者がスピーカーの軸上  $4 D_c$  の距離に位置すると仮定した場合、この位置において、直接音は残響音に比べ 12dB 低いこととなります。(  $D_c$  において直接音および残響音は等しく、 $2 D_c$  において直接音は 6dB 低下し、一方残響音は一定です。 $4 D_c$  においては直接音はもう 6dB 低下します。)

ここで聴取者がポラー パターンの端に位置している場合その位置では 6dB 低下します。

この位置での  $D_c$  は軸上  $D_c$  の1/2となり、音源から 軸上聴取者と同じ距離にリスナーがいる場合、この位置は音源からの  $8 D_c$

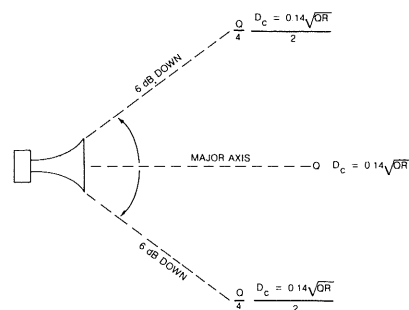


図 5.7

に等しいことになり、このリスナーの直接音は残響音より 18dB 低くなります。

明らかに  $D_c$  は大切な値ですが、音響システムの設計において使用されることはありません。

### 明瞭度に影響を与えるファクター

スピーチの明瞭度は生または拡声いずれにしても、下記のいくつかのファクターにより決まります。

1. 話し手の性質。職業として話す人は必ずしも他の人々に比べ大きな声で話しませんが、より明瞭に発音する傾向があります。素人は早くまた幾らか不明瞭に続けて話す傾向にあります。
2. 聴取者の性質。一般的に、年輩者は若者に較べ聴力が低下しています。また興味を持っている聴取者と興味を持っていない聴取者がいます。  
例えば、シェークスピア劇を見に来ている全ての観客は入場料を払っています。これはこの公演に興味を持っているからであり、逆にいろいろな公衆公演等を見ている人々は全てが興味を持っているとは限りません。  
また、外国語を理解しようとしている聴取者の状態も忘れてはなりません。
3. スピーチレベルおよび雑音。明瞭度は絶対スピーチレベルおよび雑音レベルの複雑な作用によります。  
低いスピーチレベルの時、高い S/N 比を必要としますが、一方高いスピーチレベルの場合は低い S/N 比でも良い場合があります。

4. 直接音/残響音比。残響音の2つの要素は明瞭度を影響する重要なものです；それ自身の残響時間と直接音/残響音比。残響時間が短い時、スピーチの一定の音節は実質的に次の音節に干渉しません。

通常スピーチにおいて平均的音節は1秒当たり約3つで、1.5秒以下の残響時間の場合は実質的にスピーチの明瞭度を低下させません。

1音節の残響エネルギーが1.5秒以上の場合、次の音節に影響を及ぼし、次第に明瞭度を低下させます。

直接音/残響音比は一種の雑音と定義できます。普通、ルームゲインと呼ばれ残響の合計で表わされ、著しい残響の効果はしばしば雑音と同じこととなります。

臨界距離 ( $D_c$ ) において、直接音/残響音比は1となります。

2.5秒までの適度な残響時間において、明瞭度を確保する場合、聴取者は音源から  $4 D_c$  以下にいないければならないことが実験に基づいて分っています。

勿論、これは -12dB の直接音/残響音比です。

長い残響時間に関しては、明瞭度を確保する為に小さい比を必要とします。

非常に広く充分に残響のあるスペースで、10~15フィートの距離で面と向かって話した経験があるはずで。

これは比が十分に高いことから、たとえ 残響時間が長くとも可能です。

これと、ストーン・チャーチまたは公共建築物等のような小さいが非常にライブな前室における対話と対比します。ここで残響時間は大きな部屋ほど長くはありませんが直接音/残響音の比は次第に減少し、残響の雑音レベルは増加します。

### 屋内における潜在音響ゲイン(PAG)と必要音響ゲイン(NAG)

前の章で表わした PAG および NAG 方程式は屋内音響システムに使用する為に修正しなければなりません。

これら方程式の主な使用は正確なシステム ゲインを定義づけるものではなく、むしろ色々な変数の一般的效果を例解するものです。屋内音響システムの PAG および NAG 方程式はさらに複雑になります。

それは話し手、スピーカー、マイク等が異なる Q の値を持っており、それらの異なる Q の値を PAG または NAG 方程式に簡単に代入することができないからです。

方程式を解くのにスピーカーの主軸上に沿ったスピーカーの Q の値を慣例的に使用していますが、それにより得られる PAG および NAG の値は決して確実なものではありません。

事実上、一般的に PAG の値はシステム イコライゼーションにより簡単に越えてしまいます。

この問題は次の章で述べます。

屋内の PAG および NAG の計算において、異なる距離の損失を計算する逆 2 乗則減衰を使用することはできず、下記方程式により減衰を計算すべきです。

$$\text{損失 (dB)} = 10 \log \left[ \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right]$$

例えば

- Q = 7 (1 kHz)
- R = 5000 スクエア フィート (1 kHz)
- D<sub>s</sub> = 2 フィート
- D<sub>0</sub> = 80 フィート
- D<sub>1</sub> = 35 フィート
- D<sub>2</sub> = 75 フィート
- NOM = 1
- EAD = 10 フィート

上記方程式により解かれる Q、R、D の関数として音源から距離 D<sub>1</sub> における減衰値を表わします。

これを f(D) として表わすと

$$\begin{aligned} \text{PAG} &= f(D_1) + f(D_0) - f(D_s) - f(D_2) - 10 \log \text{NOM} - 6 \\ \text{NAG} &= f(D_0) - f(\text{EAD}) \end{aligned}$$

アルテック サウンド システム デザイン 計算尺を使用することによりこれらの値を直接決めることができます。

$$\begin{aligned} \text{PAG} &= 29 + 30.5 - 8.5 - 30.5 - 0 - 6 \\ &= 14.5 \text{ dB} \\ \text{NAG} &= 30.5 - 22.5 \\ &= 8 \text{ dB} \end{aligned}$$

PAG - NAG = 14.5 - 8 = 6.5 dB である為、システムは安定しています。

1 kHz におけるシステム動作はシステムの一般の明瞭度を決定するのに便利な為、上記計算は 1 kHz において行なわれています。

また上記計算により 1 kHz 上下のシステムについては安定しませんが、これに関してはシステム イコライゼーションにより修正することができます。

スピーカー主軸上に沿った Dc を決めることは必要です。

$$D_c = 0.14 \sqrt{QR}$$

サウンドシステム デザイン 計算尺を使用することにより、26 フィートという値が得られます。

ほとんどの聴取者の距離はスピーカーから 75 フィート離れており、これは音源から約 3 Dc の距離で直接音/残響音比 (-9 dB) は最適であることを示しています。

一方、マイクが Dc を越え、マイクが残響音場にある場合、システムの動作に影響を与えずその音場の回りを動かすことができます。一般的にマイクは残響音場にある場合が多く、また話し手が彼自身の遅延音に気を使うことからマイクはスピーカーからあまり離れていないことが必要です。

一般的に 35~45 ミリ秒の遅延音は異なったエコーとして感知され始めるので、45 フィートが最大となります。

図 5.8 は 2 つの音源間の時間遅延とそれをマスクするレベルの関係を表わします。

例えば、信号が他のスピーカーからの同じ信号と較べて 200 ミリ秒の遅延がある場合、遅延した信号のレベルは少なくとも 22 dB 以下でなければ最初の信号のエコーとして感知されます。

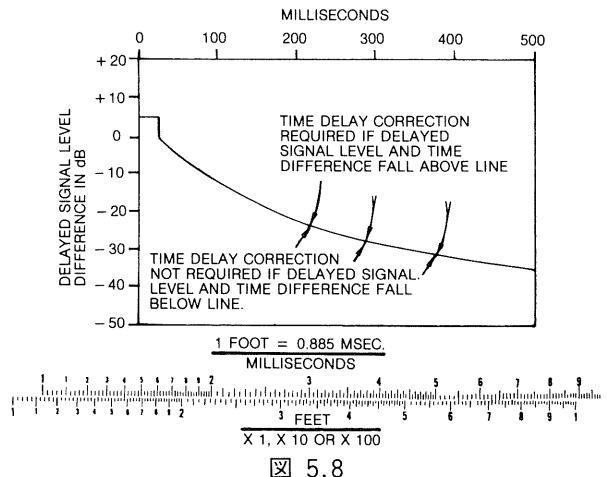


図 5.8

図 5.8 は音響システム設計において時間遅延が必要か否かを決定するのに大変便利です。

### 広指向角度について

大型オーデトリウムにおいて、全席を適切にカバーする為かなり複雑なスピーカー クラスタまたはアレーが使用されています。テクニカルレター No. 221 は各製品の Q データ、イン・ラインアレー (203 および 814) および必然的に起る質問 '合成アレーの Q とは何か?' について述べています。

アレーの Q を決定する適切な方法がなく、そのコンポーネントの軸上 Q が与えられています。

データが必要な場合は、その位置で測定することができます。(テクニカルレター No. 211 参照)

普通、アレーはアレーの視覚線内の全ての聴取者が 1 kHz における HF コンポーネントの少なくとも 6 dB 低下角度内にあるような方法で設置されます。

バルコニー エリアをサービスする別のコンポーネントは普通、異なるレベルで駆動する為、これは Q 決定をより複雑にしています。

しばしば、サービスエリアの前部分においても HFコンポーネントを必要とし、この場合幾らか低レベルで駆動させます。

Qについて忘れることが賢明で、5位の任意の低い値を選定することが良いかもしれません。これは少なくともオーディトリウムのいろいろな部分における直接音/残響音比の概算ができます。

巾広い指向角度を必要とする所では、希望する角度を得る為に HFホーンを積み重ねます。

このスタックおよびスプレー技術はホーンフレア部分における干渉現象を最小にする為、2つのホーンを互いに接して角度づけるマウント方法に較べより良い結果が得られます。

これは図5.9に示す通りです。

スプレーの小さい角度は大きい角度と同じ効果にはなりません。2本の 811Bホーンを積み重ねた水平指向角度の効果を図5.10に示します。

0°の方向において水平角度はスムーズで、このホーンの公称角度 90°に近くなります。

22.5°スプレーにおいて、指向角度は2本のホーン間の干渉の為に不安定となり、45°および67.5°においては再び一定となり、広く、スムーズな指向角度が得られます。

更に、スプレーの角度を増やすことにより、簡単に新しい指向角度を得ることはできません。2本の90°ホーンを45°でスプレーした場合、約105°のカバレッジになり、67.5°のスプレーの場合は約135°となります。

### 音響システムの必要パワー

テクニカルレターNo.220およびNo.231には4フィート、1W入力におけるいろいろなホーン/ドライバーの公称感度のデータが示してあります。

また新カタログには同様に L.Fシステム のこのデータが示してあります。

803マルチセルラホーンと 291-16Bドライバーの組み合わせによる HF部分での野外システムについて考えます。

190フィートの距離において 85dB の音圧を必要とする場合の必要パワーを計算します。

テクニカルレターNo.231より、4フィート、1W入力による音圧は 112dB SPL で、逆2乗則により190フィートにおける音圧は 78.5dB SPL となります。

ここで  $85 - 78.5 = 6.5\text{dB}$  のレベルアップが必要となり、図5.11より 6.5dB は 4.5W となります。

ドライバーの許容入力 は 40W であり、問題はありません。

またシステムにおいてヘッドルームを少なくとも 10dB とする必要があり、必要パワーは 45W となります。

次に屋内のシステムについて考えます。

上記と同じホーン/ドライバーの組み合わせを使用し、大型オーディトリウムまたはアリーナにおいて190フィートの距離で 85dB の音圧を必要とする場合、部屋の Dc を35フィートとした場合、4フィートから35フィートまでの逆2乗則損失は 18.5dB となり、これは部屋の総損失として表現されます。

したがって、1W入力での190フィートの音圧は  $112 - 18.5 = 93.5\text{dB}$  となります。

85dB は 1W 音圧より 8.5dB 低い為に、85dB の平均音圧を得るには 0.14W のみで済みます。(図5.11参照)

また 10dB のヘッドルームを見込んだ場合でも 1.4W のみで済みます。

上記計算は下記の簡単な式になります。

$$\text{必要パワー (EPR)} = \text{SPL}_D + 10 + f(4') - f(D) - S$$

$\text{SPL}_D$ : 距離 D における必要音圧

S : 軸上4フィート、1W 入力の音圧

この EPR は dB で表わされ、図5.11のグラフを使用することによりワットに変換できます。

関数  $f(4') - f(D)$  は 4フィートと距離 D 間の逆2乗則損失を表わします。

この EPR は dB で表わされ、図5.11のグラフを使用することによりワットに変換できます。

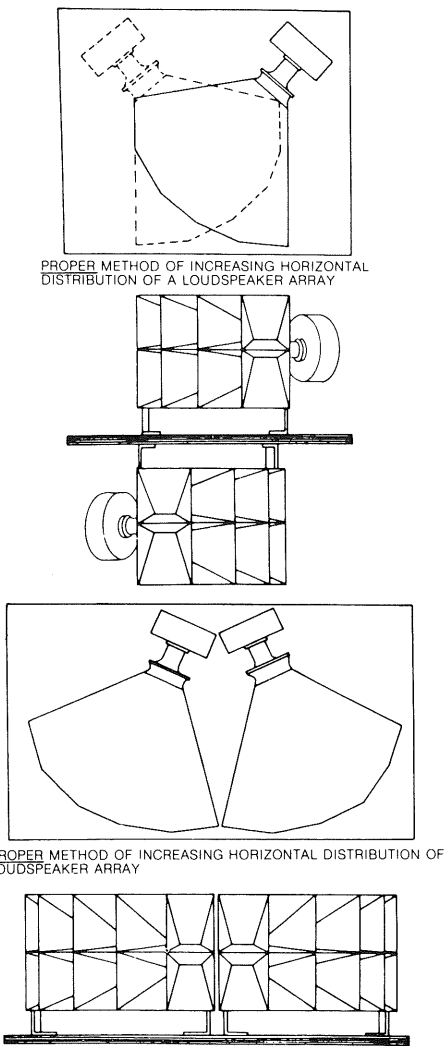


図 5.9

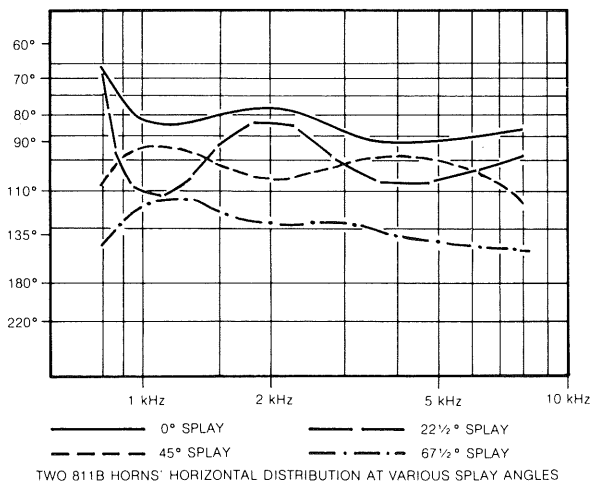


図 5.10

## 音響ゲインの測定

前に述べた様に、システムの音響ゲインはシステムが ON のとき、システムが OFF のときの聴取者によって感知されるレベルの差です。プログラム ソームは普通話し手の位置  $D_s$  に位置しています。これを小型スピーカーで、500Hz~3000Hzのピングノイズで鳴らし、マイクの音圧を約90dBに調整します。オーディトリウムの音響ゲインを測定する位置にサウンドレベルメーターを置き、テストスピーカーからの音が部屋の周囲雑音レベルより少なくとも10dB以上あることを確認します。

(ある程度の雑音はサウンドレベルメーターのAウェイトを使用することにより排除できます。)

聴取者の位置における音圧を記録し、雑音ソースを切ります。

次に音響システムを動作させ、フィードバックの起こるまでゲインを上げ、その後システムゲインを6dB減衰させます。再び、雑音ソースを動作させ聴取者位置における音圧を記録します。システムが動作している状態としていない状態で聴取者の位置で測定した音圧の違いはシステムの音響ゲインです。またこの場合フィードバックの起こるまでに6dBの余裕があります。図5.12はこのテスト図を示します。

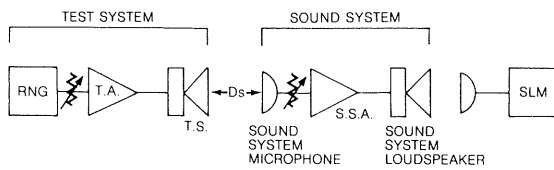


図 5.12

テストに使用されるスピーカーは話し手とほぼ同じQの値を持ったものを使用します。

1キュービックフィートのキャビネットに内蔵した405-8Gは話し手とほぼ同じQ(約2.5)を持っています。

## 等価音響距離(EAD)

音響システムの設置についての決定は3つの基本的要素があります。

- システムの種類
- その位置
- その音圧

ここでは等価音響距離(EAD)について説明します。

EADの多くは実験データで確立されています。——

これらのデータから、図5.13のグラフを作図します。聴取者の位置で測定される雑音値は横軸に沿ってプロットされ、EADの値は縦軸にプロットされます。

曲線Bは普通の話し手と聴取者の場合です。35dB SPLの一般的環境ではEAD=8フィートとなります。曲線Aは非常に上手な話し手(例えば俳優等)と注意深い聴取者の場合です。劇場の非常に静かな環境においてはEADは20フィートとなります。曲線Cは比較的弱い話し手と聴取者の場合で、曲線Cは、45dB

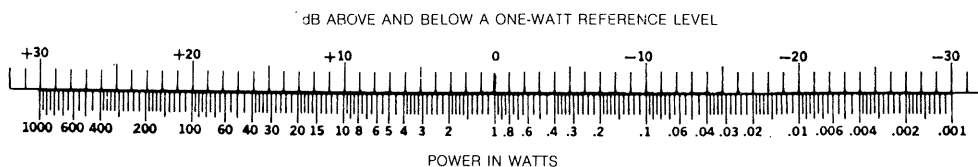


図 5.11

以上の雑音レベルに持っていくことができません。

このデータは非常に大まかであり法則的なものにすることができません。最終分析において、このデータは確かに実証されなければなりません。最終的には実際のリスニングテストで変更されます。

音響システムの目的は少なくとも85%の発音を理解させなくてはなりません;これは平均的聴取者が任意配列の言葉の子音の少なくとも85%を正しく理解することになります。

図5.13のデータは多くの優れた音響システムの実測により確立されたものです。

## 直接音/残響音比

T60が1.5秒以下である場合、これはスピーチ効果を高めます;一音節が早く弱まる為、次の音節がマスクされません。1.5秒以上の場合、音節がぼけ、発音が不明瞭になります。音響システムの設計において、部屋の全席において最適な直接音/残響音比を保つために、増加する残響音の影響を検討しなければなりません。

慣例で、T60が1.5~2.5秒の時、聴取者がスピーカーから4Dc以下に位置している場合、良い発音が保たれます。

(-12dBの直接音/残響音比)

T60がより長くなった場合、音節のぼけは直接音/残響音比の増加により部分的に減少させられます;離れた聴取者が音源からDc以下である場合。

多くの実測を一般化し、図5.13にそれらを表わします。PentzおよびKleinのデータはこれらの説明を助け、一般的に下記の様に説明されています。

T60が約1.5秒の場合、音源から3~4Dcに位置する聴取者は85%の音節発音が理解できます。

残響時間が3~4秒に増え、直接音/残響音比が増えた場合、聴取者の距離は2~2.5Dcとなります。

(図5.14参照)

図 5.13

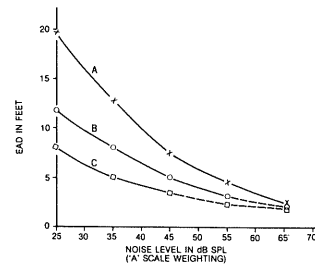
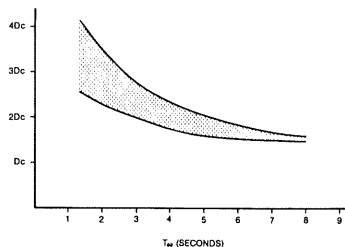


図 5.14



ALTEC 社日本総輸入代理店

株式会社 **エレクトリ**

〒161 東京都新宿区上落合1-19-3モントビル ☎(950)6266(代)