

ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC  
 ALTEC

**ALTEC  
 TRAINING  
 MANUAL**

**THE BEHAVIOR  
 OF SOUND  
 SYSTEMS  
 OUTDOORS**

Copyright ©1977 Altec Corporation

**野外音響システム**

### 第三章 野外音響システム

#### 逆2乗則

第II章で説明した逆2乗則は反射によって生じる干渉がない音場‘フリー フィールド’でもそのまま使うことができます。野外の音源が地面から離れた放射拡散によって測定された場合、実際の音圧は距離が倍になる毎に正確に6dB減衰します。もし音圧測定を地面の極近くで行った場合、地面のいろいろな性質により幾らか不規則となり距離が倍になる毎に正確に6dB減衰しません。Békésy<sup>1</sup>とRudnick<sup>2</sup>は、非常に吸音性のある表面上で、表面上の音源および測定マイクの高さ、距離、周波数による音圧レベルについて測定しました。

“Békésyは1½インチ厚(38mm)のウール吸音材の上で測定しました。例えば彼のデータは、音源とマイクとを吸音材から1フィート上げ、800Hzの音源から39フィート(約12m)離れた場所で測定した場合、吸音材を置かなかった場合に較べて音圧が約21dB少なくなります。またマイクを吸音材から4フィート(1.2m)上げた場合、吸音材による損失は約7dBさかります。”

KnudsenとHarrisは次の様に述べてます。“吸音材の上を通過する音は吸音材表面により近いほど減衰します。”

“大型野外劇場において、音源が床上2または3フィートに位置している場合、音源から50フィート(15m)以上離れた位置の音圧は観客席から3~4フィート上の位置に較べ観客席の方がより低く、吸音材である観客は音波からの音響エネルギーを吸収します。”

ほとんどの場合、逆2乗則はスピーカー(またはマイク)が大きな反射面または吸音面のそばにある時を除いて、野外でも使用できます。

<sup>1</sup>George V. Békésy, Z. Tech, Physik, 14, [1], 6 (1933).  
<sup>2</sup>I. Rudnick, Journal of the Acoustical Society of America, 19, 348 (1947).  
<sup>3</sup>Vern O. Knudsen, Cyril M. Harris, Acoustical Designing in Architecture. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950, p. 71  
<sup>4</sup>IBID., p. 70.

#### 音響ゲイン

サウンド リンフォースメント システムには4つの基本要素(マイク、スピーカー、話し手および聴取者)があります。サウンド リンフォースメント システムは音響ゲインが必要で、それは電気音響手段なしに話し手の声がよく聞えないということからです。音響ゲインは聴取者の位置により決まり、それはシステムを使用した時と使用しない時の話し手から聞える感知レベル間の差です。

これを図3.1で説明します。

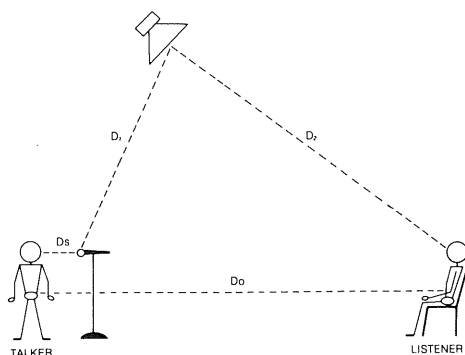


図 3.1

下記の数値をこれらの距離にあてはめます。

$$D_s = 2' \quad D_2 = 40'$$

$$D_1 = 16' \quad D_0 = 50'$$

今、話し手がマイクの所で85dB SPLの音圧を出していると仮定します。(システムの電源は切れています。)逆2乗則により、50'離れた聴取者の音圧レベルは57dB SPLとなります。次にシステムの電源を入れフィードバックが起るまでゲインを上げます。これはマイク—スピーカー—D<sub>1</sub>ループをめぐる一定ゲイン(同位相)の状態となります。スピーカーからマイクに入る音圧レベルが話し手からマイクに入るレベルと同じ時に起きます。(ここではマイクとスピーカーが無指向性であると仮定)この状態で、スピーカーは16フィート離れたマイクの所で85dBの音圧を出します。再び逆2乗則で、スピーカーは聴取者の所で77dBの音圧となります。この場合、システムがある時とない時の聴取者の音圧差は77dB SPL—57dB SPL=20dB SPLで、システムの最大音響ゲインは20dBとなります。

(実際システムを使うと聴取者の耳には2つの音源があることとなります。音は話し手から直接発せられ、またスピーカーも同時に音を発します。しかしほとんどの場合、ゲインは話し手が発する音圧を無視できる位十分高くなります。第II章の追加パワーの項より、パワーレベル差が8~10dB以上の場合、低いパワーによる影響力は弱いものです。これは聴取者位置でのレベルを音響システムがある場合とない場合で測定する時にいつも起りうることです。)

また、この音響ゲインより、セフティー マージンを引かなければなりません。

今までは6dBのセフティー マージンを考えていましたが、最近では多くの音響エンジニアがシステム設計のセフティー マージンを10dBとして使う傾向になりました。

#### 潜在音響ゲイン

音響システムの最大音響ゲインは、時々‘潜在音響ゲイン(Potential Acoustic Gain)’と呼ばれています。図3.2で示した野外音響でPAGの解説をします。

マイクの音圧を‘L’ (任意のレベル)とします。逆2乗則により聴取者の位置での音響システムがない場合のレベルは次の様になります。

$$L - 20 \log \left( \frac{D_0}{D_s} \right)$$

システムを使用すると、スピーカーからの信号によりマイクと同じ音圧Lが表われ、再び逆2乗則により、聴取者の位置で感知するスピーカーからのレベルがわかります。このレベルは

$$L - 20 \log \left( \frac{D_2}{D_1} \right)$$

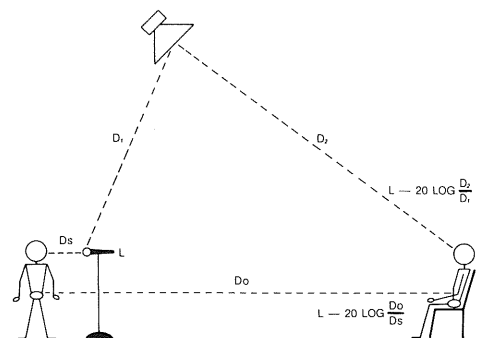


図 3.2

この2つの状態で聴取者位置のレベル差として音響ゲインを定義します。

$$\begin{aligned} \text{ゲイン} &= L - 20 \log \left( \frac{D_2}{D_1} \right) - \left[ L - 20 \log \left( \frac{D_0}{D_s} \right) \right] \\ &= 20 \log \left( \frac{D_0}{D_s} \right) - 20 \log \left( \frac{D_2}{D_1} \right) \\ &= 20 \log \left( \frac{D_0}{D_s} \right) + 20 \log \left( \frac{D_1}{D_2} \right) \\ &= 20 \log \left( \frac{D_0 \cdot D_1}{D_2 \cdot D_s} \right) \\ &= 20 \log D_1 + 20 \log D_0 - 20 \log D_2 - 20 \log D_s \end{aligned}$$

この式よりフィードバック セフティー マージン6dBを引くと

$$\text{ゲイン} = 20 \log D_1 + 20 \log D_0 - 20 \log D_2 - 20 \log D_s - 6$$

第II章図2.4を使用することにより簡単にゲインの解答が得られます。

例えば

下記パラメーターでの野外システムにおけるゲインを算出します。

$D_s = 1.5'$ 、 $D_1 = 35'$ 、 $D_0 = 100'$ 、 $D_2 = 90'$ とすると

$$\begin{aligned} \text{ゲイン} &= 20 \log(35) + 20 \log(100) - 20 \log(90) - 20 \log(1.5) - 6 \\ &= 31 + 40 - 39 - 3.5 - 6 \\ &= 22.5 \text{dB} \end{aligned}$$

### 複数のオープンマイクの影響

今までは1本のマイクシステムについて考えてきましたが、もし同じく動作する2本のマイクを使用した場合、システムゲインが減衰します。理論上、この減衰はマイクが十分に離れている場合、3dBとなります。もしこの状態が保たれている場合、オープンマイクの数(NOM)が倍になる毎にゲインは3dB減衰します。この様に、NOM変数を考慮し、ゲインの式を修正すると下記のようになります。

$$\begin{aligned} \text{潜在音響ゲイン(PAG)} &= 20 \log D_1 + 20 \log D_0 - 20 \log D_2 \\ &\quad - 20 \log D_s - 6 - 10 \log \text{NOM} \end{aligned}$$

図3.3は10 log NOMの値がdBで直読できる図です。

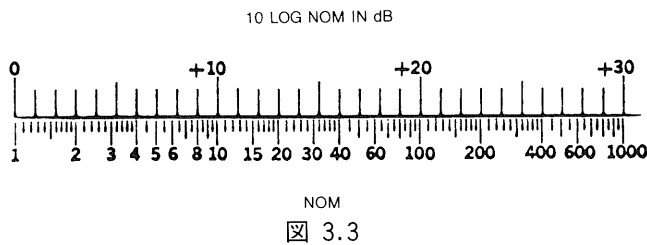


図 3.3

### 必要音響ゲイン

今までこの章では野外サウンドリインフォースメントシステムのPAG解析法を論じてきました。PAGの値はシステムのマイク方向、スピーカー方向、電氣的イコライザーの使用によりしばしば変化します。この式はシステムゲインにおける各パラメーターの効果を説明する上で有益なものです。

ここではどの位のゲインが必要かという式について説明し、これを必要音響ゲイン(Needed Acoustic Gain)と呼びます。音響システムの目的は、勿論マイクの信号を増幅することで、これは電気音響システムにより、話し手が聴取者の方に近づいてくる様な効果になります。これは図3.4に示す通りです。

音響システムにより、話し手が聴取者の前にいて話す音圧と等しい音圧を聴取者の位置において作り出すことにより話し手を聴取者に近づかせることができます。これを等価音響距離(Equivalent Acoustic Distance)と呼び、NAGは下記のように表わされます。

$$\text{NAG} = 20 \log D_0 - 20 \log \text{EAD}$$

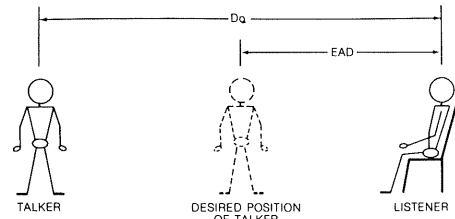


図 3.4

前もってEADの適当な値を求める方法がないのでしょうか。経験することがこの場合一番良い方法なのです。予期できる周辺騒音レベルだけに基づいてEADの適切値を決定しようとした図がありましたが、この図は話し手または聴取者の正確な性質について細かく考慮していません。またそれらはシステムのイコライザー効果を計算することもできません。

一つは普通の会話が明瞭に理解することができる最大距離によりEADを算定することができます。一般的な屋内においては6~8フィートが良い値となります。また、相当に高い騒音レベルがある屋外スポーツ競技場では、EADの値は3~4フィートに減少します。工場の呼び出しシステムについては、その値は1フィート以下に減少し、また一般的劇場ではEADは恐らく20フィート位になります。

野外音響システムを設計するに当り他に影響を受けるものに下記の現象があります。

1. 大気の吸収による高域損失
2. 風の影響
3. 温度変化の影響

逆2乗損失以上に、高域損失が屋内、屋外システム共にあります。普通屋内ではシステムイコライザーで補正できますので、厳密な問題にはなりません。図3.5は距離に対する高域損失表です。湿度20%で10kHz信号音は低域に較べて1mあたり0.3dB減衰します。実際の条件で、100'(30m)離れた10kHz信号は9dB減衰します。——これは普通の逆2乗損失以上のはずです。図3.6は、距離と大気吸収の両方に対する音圧損失を表わしたものです。100'離れた2.5kHz以上の損失は充分に考慮すべきことです。

風は普通予測できないものですが、幸いほとんどの野外システムにおけるその影響はわずかなものです。しかし遠距離において、それは問題になります。基本的に風の速力は、ベクトルの通常音響拡散に加わります。風の方向に進む音の速さは、風の速さと静止空間の音の速さの和に等しくなります。

図3.7は、風の影響が音響システムに与える様子を示しています。(KnudsenおよびHarrisの結果による。)

この図からも明かに、もし強い風が吹くと、全ての音は音源を動かし、聴取者は風下にいる方が良くなります。

温度変化についても同様な影響があり、図3.8に示します。(KnudsenおよびHarrisの結果による。)

図3.8(b)で示されている状況は、朝方に起き易い特性です。また図3.8(a)は、夕方に起き易い状態です。温度変化によって生じる問題は、変化が地面に近い所でより起き易いので、スピーカーをできるだけ高い場所に取りつけることによって解決できます。

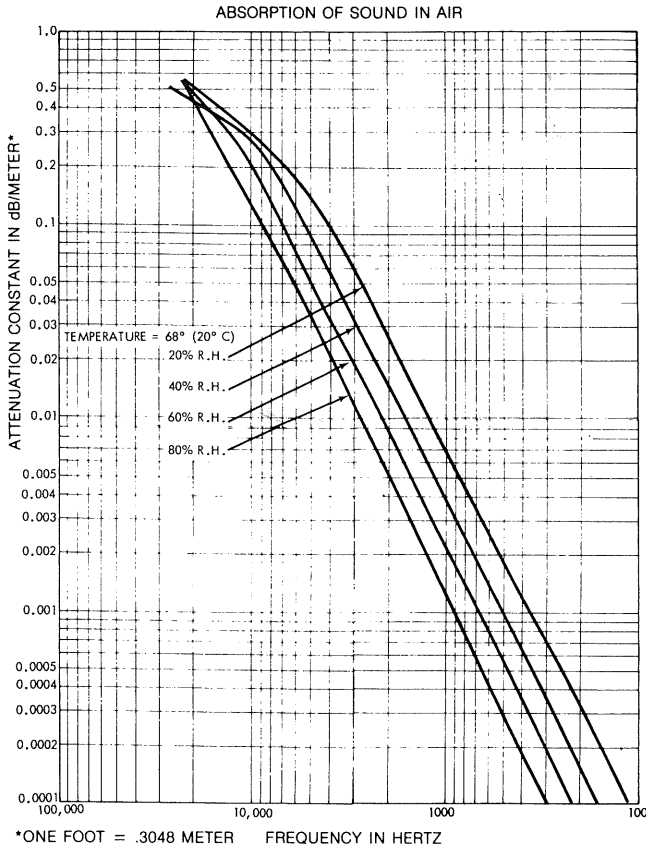


図 3.5  
大気中における音響吸収

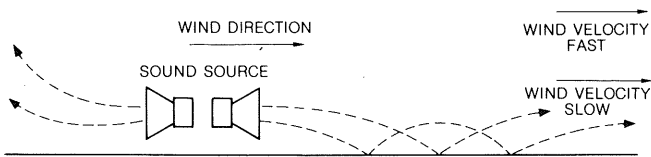


図 3.7

## 終 章

この章では野外における潜在音響ゲインおよび必要音響ゲインについての理論式について説明してきました。これらの式は理論的には成り立ちますが、実際のシステムにおいてはマイク、スピーカー等の指向特性他、理論では解明できない要素の影響を受けます。

この章の主な目的はシステム設計において各要素の役割を認識することです。

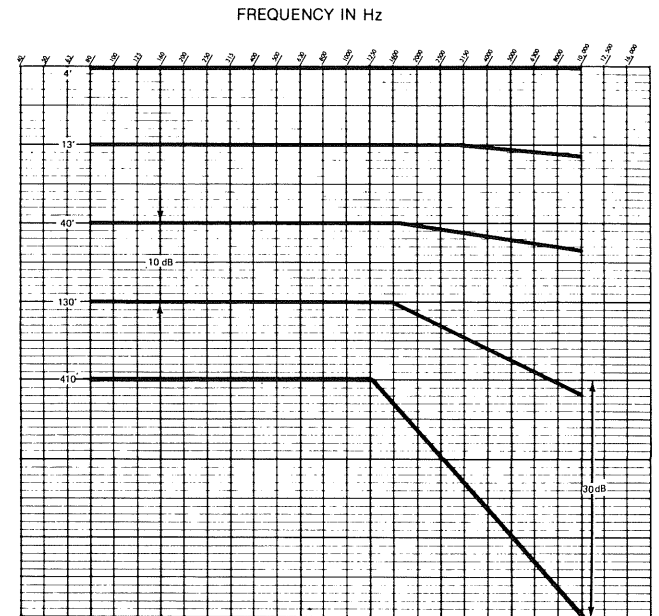
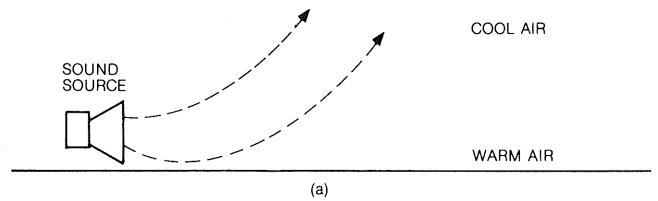
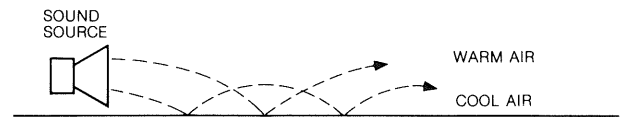


図 3.6



(a)



(b)

図 3.8