

拡散音場による騒音の評価

高橋 一男* 森 正美*
加藤 光吉* 山根 雅雄*

Assessment of Noise in a Reverberation Room

Kazuo Takahashi, Masami Mori
Koukichi Kato and Masao Yamane

1. まえがき

騒音源の音のエネルギーを測定することは、騒音防止対策上極めて重要なことである。音源の性質により、音のエネルギーは種々の指向性をもって空間に放出されるので、一般にその全エネルギーを短時間に測定することはむずかしい。

音源の出す音響エネルギー（音響パワーレベルで表示）を拡散音場法で測定すれば、大変能率的である。そのためには、残響室の諸性能が明らかにされなければならない。拡散音場として電気研究所に新設された残響室について、残響時間及び音圧レベル分布の統計処理法により拡散性のチェックを行なった。

2. 拡散音場法による音響パワーレベル

拡散音場法による音響パワーレベルを求めるには、残響室内の音の拡散がよいことが必要である。拡散がよければ音響パワーレベルは

$$PWL = \langle SPL \rangle - 10 \log_{10} \frac{4}{R} \quad (\text{dB})$$

から求められる。

ここに PWL : 音響パワーレベル

(dB) (ref 10^{-12} watt)

$\langle SPL \rangle$: 平均音圧レベル (dB)

R : $= 0.161V/T_{60}$

V : $=$ 室容積 (m^3)

T_{60} : $=$ 残響時間 (秒)

したがって

$$PWL = \langle SPL \rangle - 10 \log \frac{4T_{60}}{0.161V} \\ = \langle SPL \rangle - 10 \log T_{60} + \log V - 14$$

であるから平均音圧レベル $\langle SPL \rangle$ と残響時間 T_{60} を測定すれば、PWL が求められる。

オクターブあるいは $\frac{1}{3}$ オクターブの雑音源を用いた場合の $\langle SPL \rangle$ は音場がよい拡散状態であれば、場所による変動は少ないが、拡散性が悪ければ場所によって数 dB の変動がある。

音源が純音であれば、場所による音圧レベルの変動範囲はさらに大きい。したがって平均音圧レベルは統計的手法により求めなければならない。

拡散音場であれば、単一周波数における音圧レベル分布はレーレ分布になるから、平均音圧レベルは多数の標本点の音圧レベルの平均値をとり、その値に 2.5dB を加えればよい。⁽⁶⁾

3. 拡散音場としての残響室

残響室は残響時間の長いことと共に、拡散性がよいことが必要である。このため反射率のよい壁材を用い、平行壁面や、縮退（固有振動モードの周波数間隔のばらつきが一樣になること）を避けるため、室の寸法比を特殊な値にすることが必要である。

図 1 は電気研究所の残響室の概略図で、図 2 は外観の写真の一例である。寸法比は $\frac{1}{9} : 1 : 9$ ($q^2 = 2^3$) の直方体を基礎と、不整形 7 面体とした。表 1 はこの残響室の概要である。

* 東京都電気研究所光音部

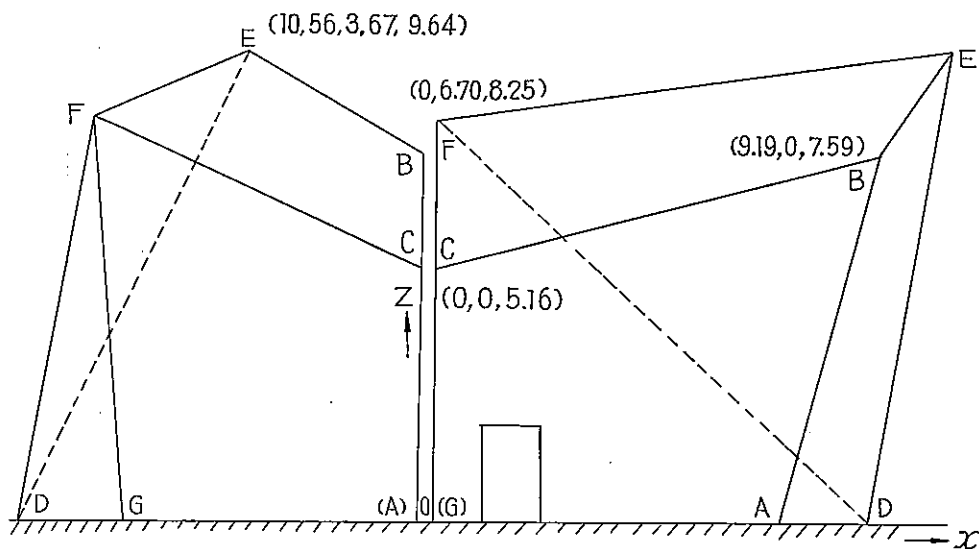
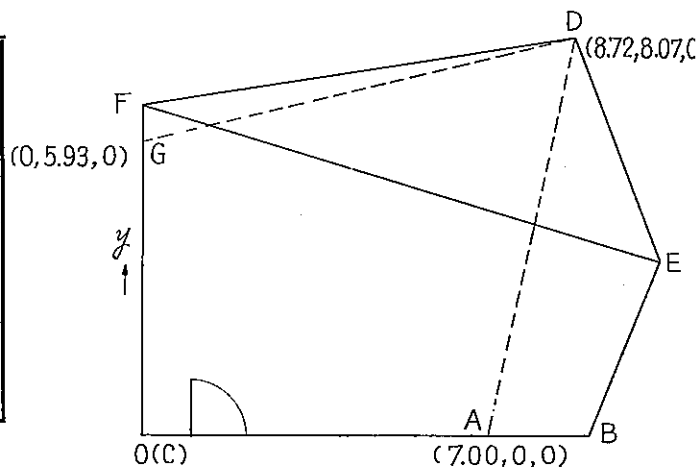


表1 残響室の概要

項目	摘要
容積	約 450m ³
室内総面積	約 350m ²
底面積	約 52m ²
	厚さ30cm鉄筋コンクリート, 内面:厚さ3cm蛇文石による 人造石研ぎ出し
扉	210×130×34cm片開き, 鉄枠つ き鉄筋コンクリート, 周囲:ゴ ムパッキング3段締めつけ



平面図

図1 残響室の形状

表2 スイープ速度, カウント速度

中心周波数 (Hz)	スイープ速度 (Hz/sec)	カウント速度 (sec)
125)	0.0037	1
250)		
500)	0.0082	1
1000)		
2000)	0.058	0.3
4000)		
	0.11	0.3
	0.20	0.3
	0.51	0.3

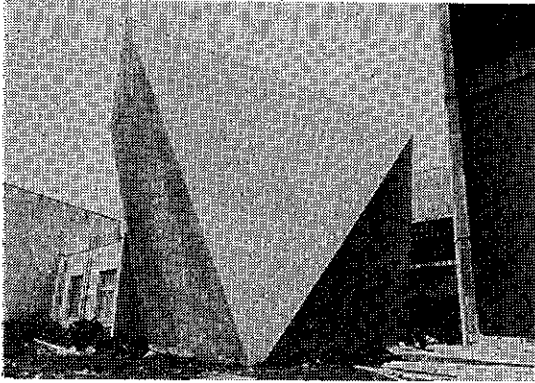


図2 残響室の外観

4. 残響室の主な特性

4・1 残響時間

1/3オクターブの雑音源を用い、BK製高速度レベルレコーダの記録から求めた結果が図3で、中心周波数1KHzで約15秒、160Hzで約38秒であった。

4・2 拡散特性

文献(1)の方法により、音圧レベル分布がレーレ分布になるか否かの判定から求めた。

〔1〕周波数を変えた場合の音圧レベル分布

〔〕周波数変化はオクターブ中心周波数の±5%の範囲で、残響時間の影響が現われないように極めてゆっくりスイープした。表2はそのときのスイープ速度、およびカウント速度である。

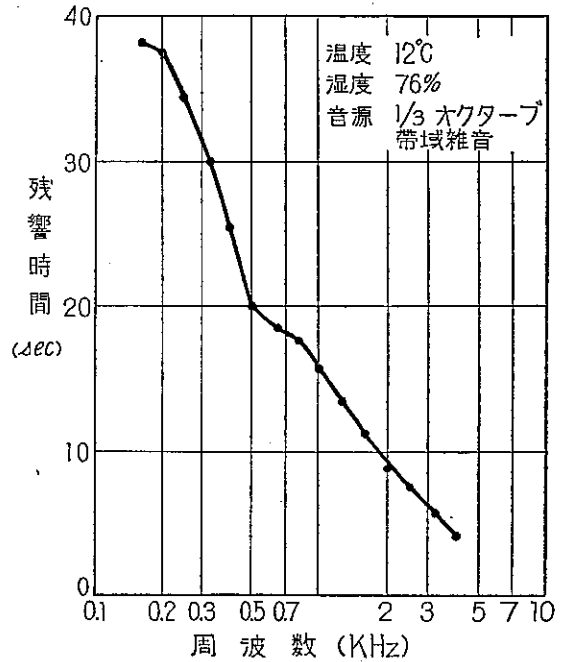


図3 残響室の残響時間

図4は1KHz付近での音圧レベル変動の一例である。

このような、音圧レベル変動を表2によるカウント速度でBK製レベル頻度計を駆動し、それをレーレ分布判定用確率紙に描いたものが図5である。

図6は音源、受音点を室の中央・コーナと種々組合せ

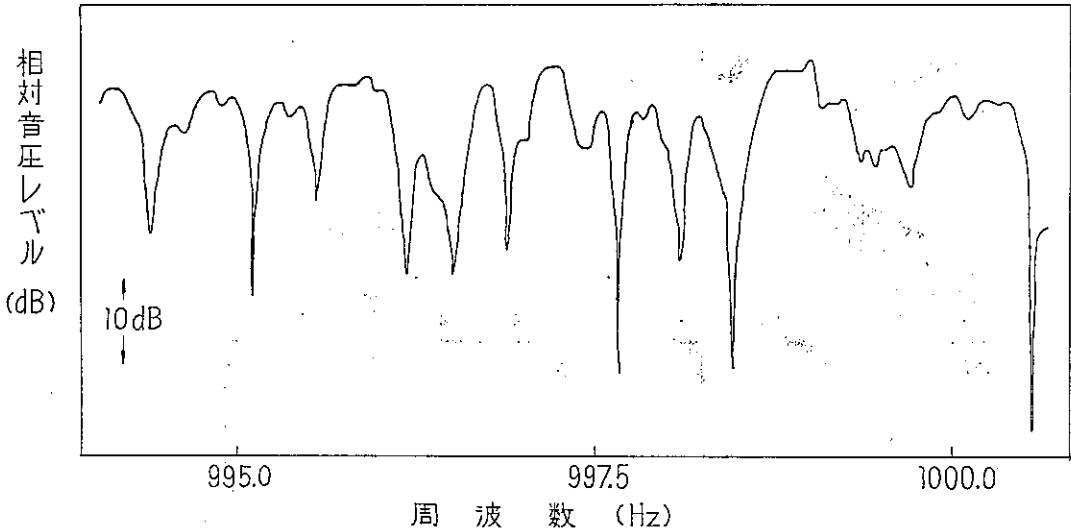


図4 音源受音点を固定し、周波数を変化した場合の音圧レベルの変化の一例

たときの周波数特性である。

○, ●印はそれぞれの平均値である。125~4000Hzのオクターブ間隔で行なったが, 500Hz以上ではレーレ分布をし, 250Hz以下はレーレ分布しないことがわかる。

(ii) 場所を変えた場合の音圧レベル分布

マイクロホンの高さ床上1.5m, 進行速度1.43cm/secで周波数を固定して音圧レベル変動の一例である。周波数変化と同様に大きくレベル変動している。

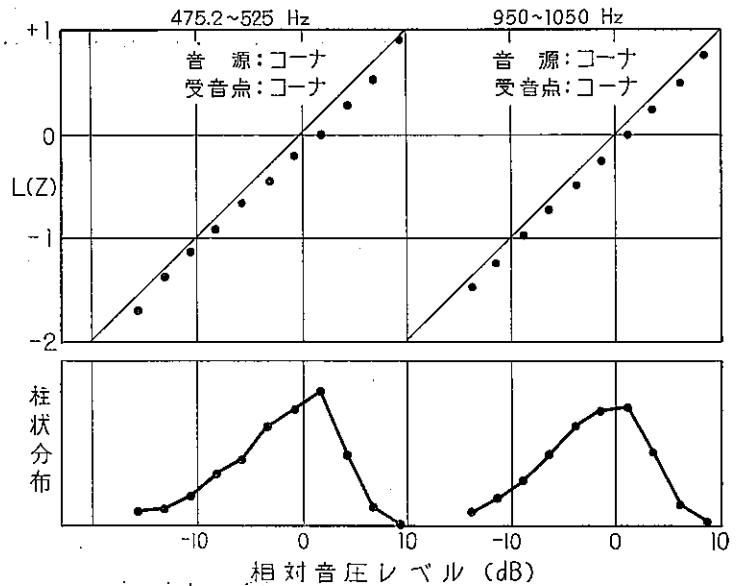
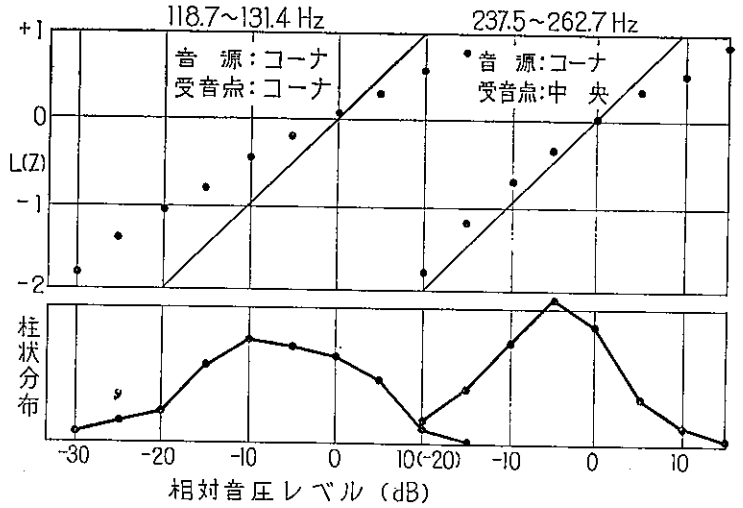
図8は各点の空間相互相関を考慮して, 図7のような記録紙上から $\frac{\lambda}{2}$ ごとにサンプリングした標本点をレーレ分布表に整理したものである。標本点の少ない低い周波数ではレーレ分布の判別がつきにくい。

図9○印はこの周波数特性で, (i)の場合と同様に, 500Hz以上はレーレ分布で250Hz以下はレーレ分布からはずれている。

記録紙上から $\frac{\lambda}{2}$ ごとにサンプリングすることは繁雑なので, (1)の場合と同様にレベル頻度計から求めたものが図10である。この周波数特性が図9●印である。

この場合もレーレ分布の成立つのは500Hz以上で, 250Hz以下では成立っていない。図9の○印と●印を比べてみると500Hz以上ではほぼ同じ値になるが, 250Hz以下では大分相異が出てくる。したがってレーレ分布の成立つ周波数ではレベル頻度計で求めても大きい誤りはないことも考えられる。

このことは, 始めの標本点の位置が少しづつ異なる, 一連の($\frac{\lambda}{2}$ ごとの)独立な標本点を求め, それぞれがレーレ分布をし, しかもそれぞれの分布のdB的平均が等しければ, これらすべてを加え合せた(レベル頻度計を用いること)分布もレーレ分布になると考えられる。これ



はまた標本点の数の大小によらないことは当然である。

表3は同じ周波数で場所を変え, 数回の測定において, それぞれの分布のdB的平均の不分散の平方根を求めたものである。

1000Hz以上は0.6dB以下, 500Hz以下は1.3dB以上となる。したがって1000Hz以上はレベル頻度計を用いても大差ないが, 500Hz以下は一応考慮する必要がある。

(iii) バンドノイズによる音圧レベル

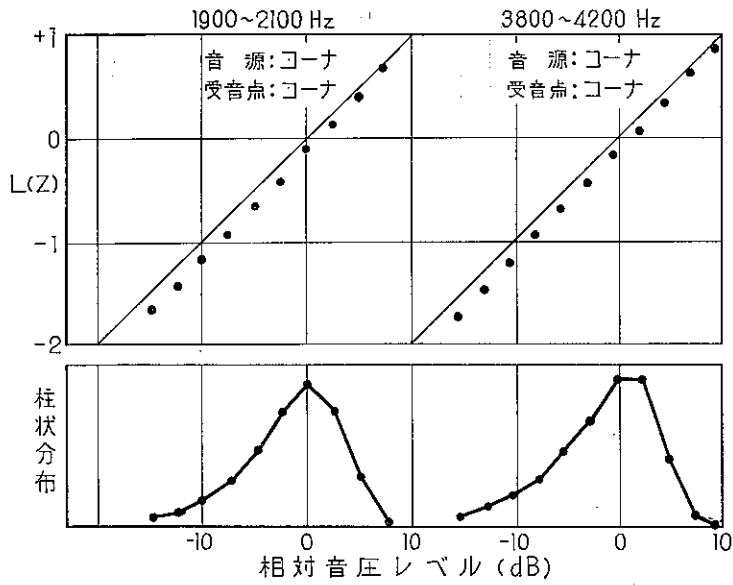


図5 周波数を変化した場合の柱状分布と (z)

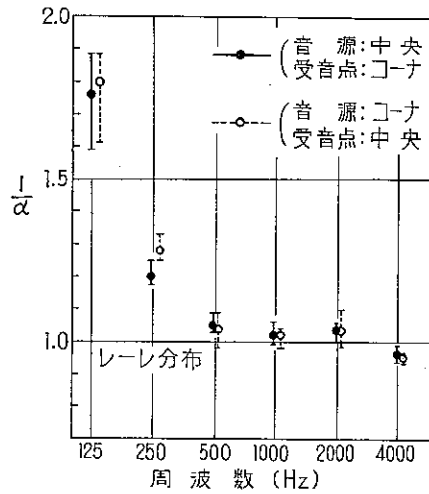


図6 周波数を変化した場合の $L(Z)$ の傾斜

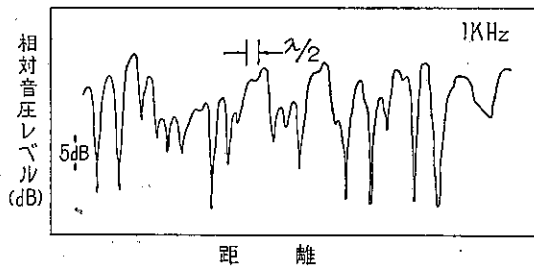


図7 純音で騒動し、受点音を移動した場合の音圧レベルの変化の一例

音源の近傍を除き、室内をなるべくばらつきのある任意のA～Iの9ヶ所を選び、 $\frac{1}{3}$ オクターブバンドの雑音

を用いて平均音圧レベルを求めたのが図11である。125 Hzを除いていずれもほぼ ± 1 dBに入っている。

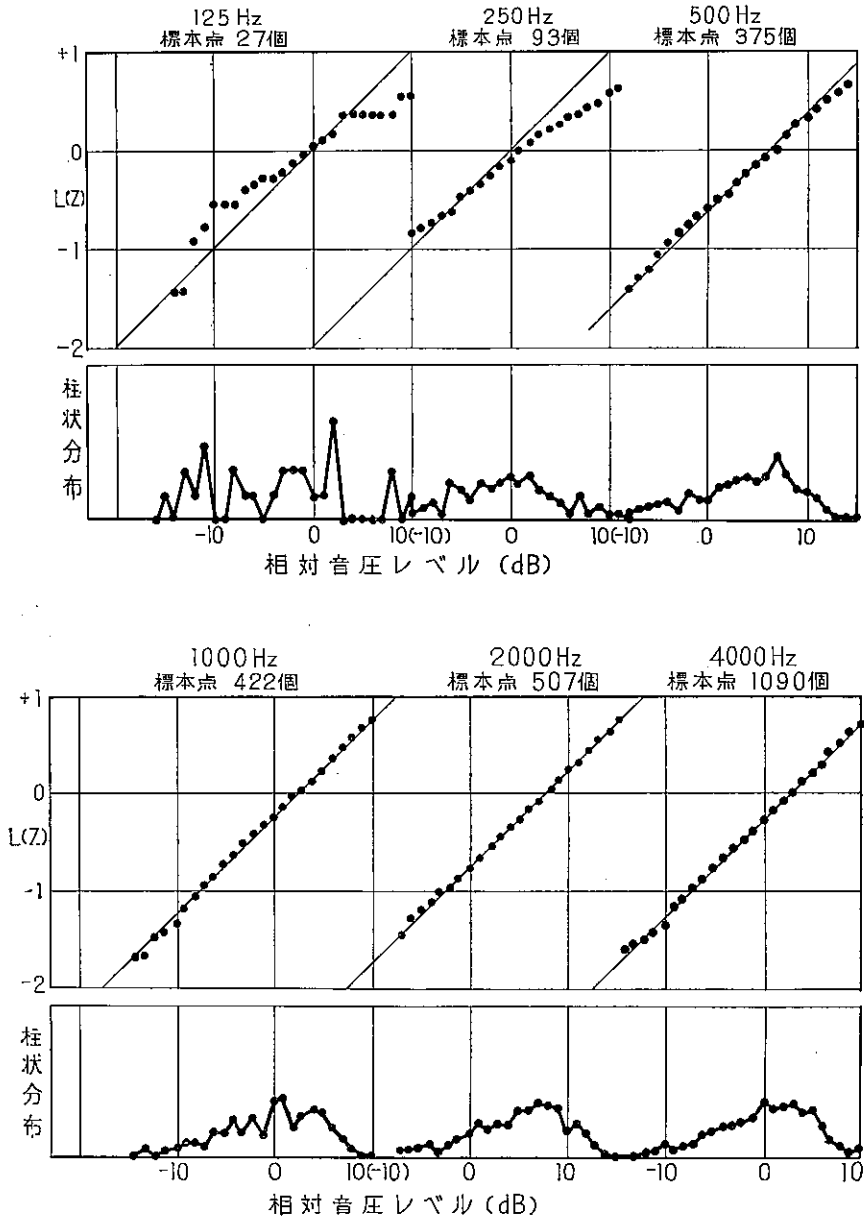


図8 場所を変化させたときの柱状分布と(Z)

表3 dB的平均の不偏分数の平方根

周波数 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
不偏分数の平方根	4.4 ₈	2.0 ₂	1.2 ₉	0.6 ₀	0.5 ₇	0.5 ₅

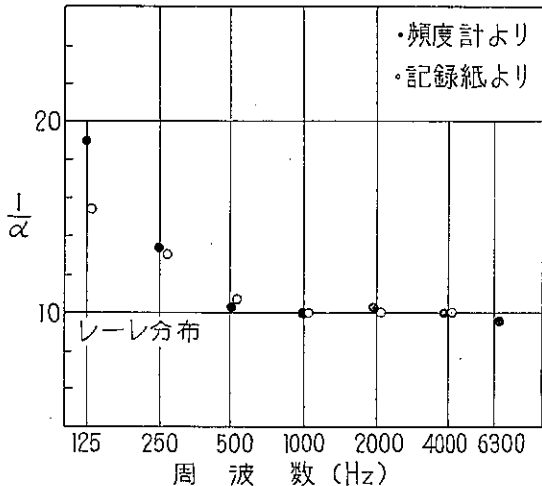


図9 純音で音源コーナ, 受音点を変化した場合の $1/\alpha$

5. むすび

騒音を拡散音場法により評価するためには、よい拡散音場が必要である。この拡散音場のチェック法には各種の方法が考えられているが、今回は主にレーレ分布による判定法によって行なった。

電気研究所新設の残響室では一応500Hz以上はレーレ分布を満足し、250Hz以下は満足しないことがわかった。

残響時間は160Hzで約38秒、1000Hzで約15秒あった。また $1/3$ オクターブノイズによる室の音圧レベルの変動は中心周波数250Hz以上ではいずれの場所でもほぼ一定で125Hzでは3dB程度の差があることがわかった。以上の調査により、騒音パワーレベル測定可能の見通しを得た。

参考文献

- (1) 服部：拡散音場における音響機器の校正法に関する研究 電気試験所研究報告第669号(1976)
- (2) 文献(1) P 27
- (3) 文献(1) P 29

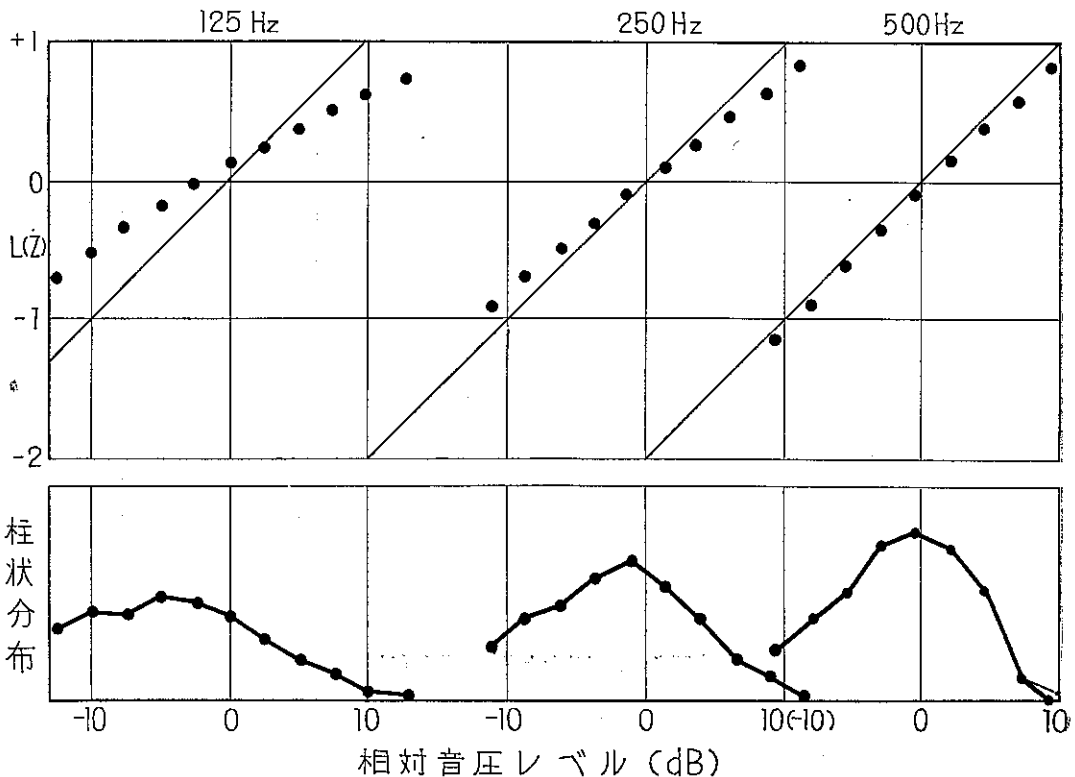


図10(1) 場所を変化させたときの柱状分布と $L(z)$ (レベル頻度計)

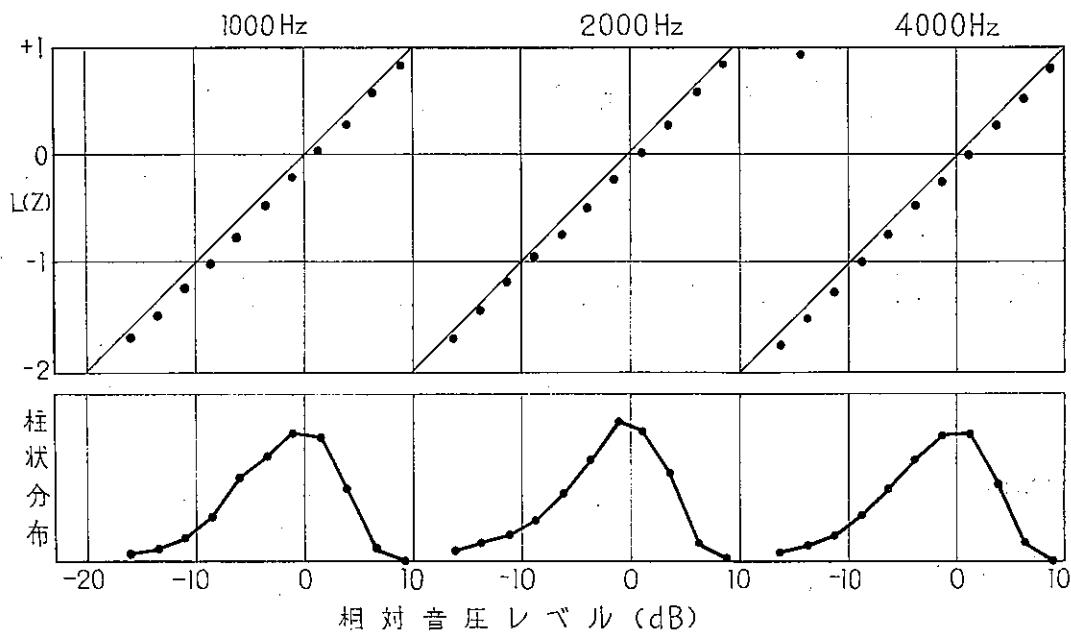


図10 (2) 場所を変化させたときの柱状分布と $L(z)$ (レベル頻度計)

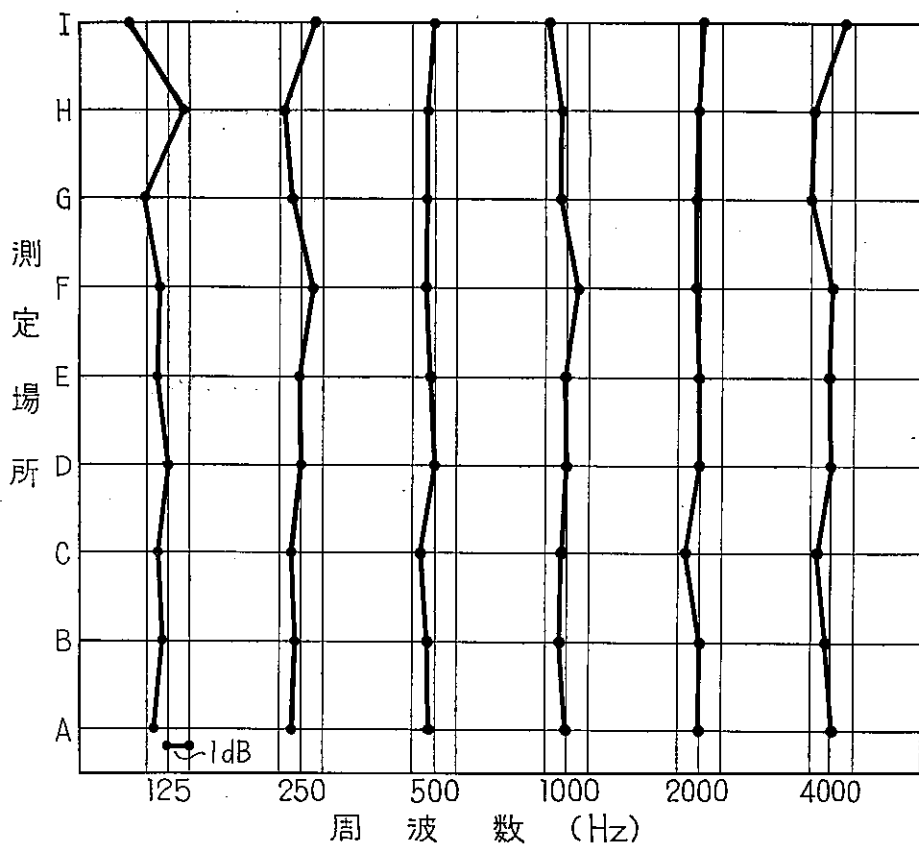


図11 1/3オクターブバンドノイズによる音圧レベル変化