

聴覚障害者用火災警報装置の開発について

Development of fire-alarm device for those having difficulties in hearing

脇	賢*
奥 原	明*
高 橋 一	久*
菊 地 定	男**

People who are hard of hearing cannot hear signal sound from both present automatic fire-alarm system and simple-typed-fire-alarm device.

As a result of the test of sensibility to sound, we find that they can hear the low sound as 125 ~500Herz.

Then we have made experimental fire-alarm device using sound source of Japanese drum, timpani.

This fire-alarm device giving out low frequency sound is available for handicapped people of hearing.

1. はじめに

現在、東京都には、視覚、聴覚障害のため火災の覚知が遅れる人、身体の機能に障害があり自力避難が困難な人、高齢者、乳幼児など、いわゆる災害弱者といわれる人が約182万人おり、今後、高齢化社会の進展に伴いさらに増加する傾向にあることからこれらの人に対する防災対策が検討されている。

視覚、聴覚障害者は手帳交付者数だけでも都内に約55,000人おり、これらの人が火災発生時における警報音が聴きとれないため不安を抱いていることが指摘され、その対策が強く要望されている。

視覚、聴覚障害者に対する火災警報装置の研究開発については、都福祉局並びに当庁生活安全課からの要請に基づき昭和60年度より計画的に実施しており、61、62年度において聴覚障害者の音感特性測定及びこれに基づく低周波音による火災警報装置の試作を行ったのでその概要を報告する。

2. 聴覚障害者の音感特性等の測定実験

障害のある聴覚器官にもその機能が、ある音域において残されていると言われており、都福祉施設に居住する聴覚障害程度1級者16名、3級者3

名、4級者2名の協力を得て音感特性の測定など次の項目について実験を行った。

(1) 実験項目

- ア 雑音信号発生器の音に対する音感特性の測定
- イ 都福祉施設で使用している太鼓の音圧及び周波数の測定
- ウ 簡易型火災警報器のブザー音の聴取実験

(2) 実験方法

- ア 雑音信号発生器の音に対する音感特性の測定

雑音信号発生器のスピーカーの前方1mの位置に被験者が椅子に着席し、周波数63, 125, 250, 500, 1K, 8KHzの音について順次音圧を上げてゆき、被験者が聴きとれたときに挙手してもらう方法で行った。

また、被験者が聴きとれた音圧を測定するため、被験者の耳元付近に騒音計のマイクロホンを設定した。

- イ 都福祉施設で使用している太鼓の音圧及び周波数の測定

直径約50cmの太鼓の前方1mの位置に騒音計のマイクロホンを置き、音圧及び周波数の測定を行った。

- ウ 簡易型火災警報器のブザー音の聴取実験
一般住宅用の簡易型火災警報器の前方2m

* 第三研究室 ** 蒲田消防署

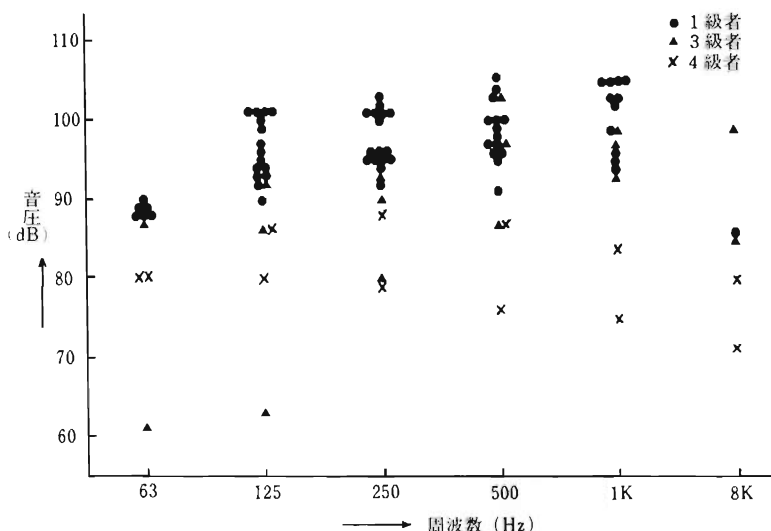


図1 被験者の聴覚感度別の音感特性

の位置で被験者15名にブザー音が聴きとれるかどうか実験した。

(3) 実験時の使用測定機器

ア 騒音計 リオン NA-60
 イ 雑音信号発生器 リオン SF-05
 ウ スピーカー リオン SS-02
 直径20cm

(4) 測定結果、考察

ア 雑音信号発生器の音に対する音感特性

測定結果は図1に示すとおりである。

聴覚障害程度1級者の場合、63～1KHzの音は聴きとれているが、それ以上の高い周波数域では聴きとれないことがわかった。

聴き取れた音圧は、63Hzでは88～90dB、250Hzでは92～103dB、1KHzでは94～105dBある。この傾向は、低い周波数の音は低い音圧でも聴きとれるが、順次周波数の高い音に移して行くと高い音圧で発生しないと聴き取れないことを示している。

周波数ごとに聴き取れた人員をみると、63Hzでは6名、125Hzでは15名、250Hzでは16名(全員)、500Hzでは14名、1KHzでは11名、8KHzでは1名となっている。被験者16名中63Hzで10名、125Hzで1名、500Hzで2名、1KHzで5名、8KHzで15名は雑音信号発生器の音圧を最大にしても聴きとることができなかった。

このことから、125～500Hz付近の音が最

も良く聴きとれることがわかった。

聴覚感度の低い1級者の場合、低い音が聴取できるメカニズムは必ずしも耳の聴覚器官によるものでなく、身体の胸の部分の振動感覚でわかるという状況が見られた。

これは、障害者の生活指導員の説明によると肺臓が低い周波数の音圧を感じる特性を持っているのか、共鳴現象によるものか等が考えられるということである。

3級者の場合は、63～8KHzまでの音域で測定した結果、1KHz以上の音域でも聴きとれることがわかった。また、周波数が高くなるほど高い音圧を発生しないと聴きとれないという傾向は1級者の場合と同様である。聴きとることができたときの音圧は1級者より感度が良いため低い値となっている。

4級者の場合は、63～8KHzまでの周波数域で70～88dBの音圧ですべて聴きとれており周波数を変えても音圧の変化はなく平坦な曲線となっている。

イ 福祉施設で使用している太鼓の音圧及び周波数

太鼓の音が日常生活の合図の手段として有効に活用されている理由については、図2に示すとおり63～1KHzの低周波数で100～113dBの音圧を発生しており、1級者の聴取可能周波数域及び音圧を十分満足しているためである。

ウ 簡易型火災警報器のブザー音の聴取実験

簡易型火災警報器のブザー音の聴取実験では被験者15名中、4級者2名のみが聴きとれたが、他の人は耳元までブザー音を近づけても聴きとれなかった。

これはブザー音の発生周波数域及び音圧が4KHz付近で100dB程度発生しており、聴覚健常者には有効であるが、聴覚障害者が聴き

とれる音域では十分な音圧がなく有効でないことがわかった。

自動火災報知設備P型1級受信機のベルの音についても特性を調べたところ、ベル前方1mの位置で4KHzの音が100dB程度発生しているが、低い周波数域では簡易型火災警報器のブザー音とほぼ同じ特性である。

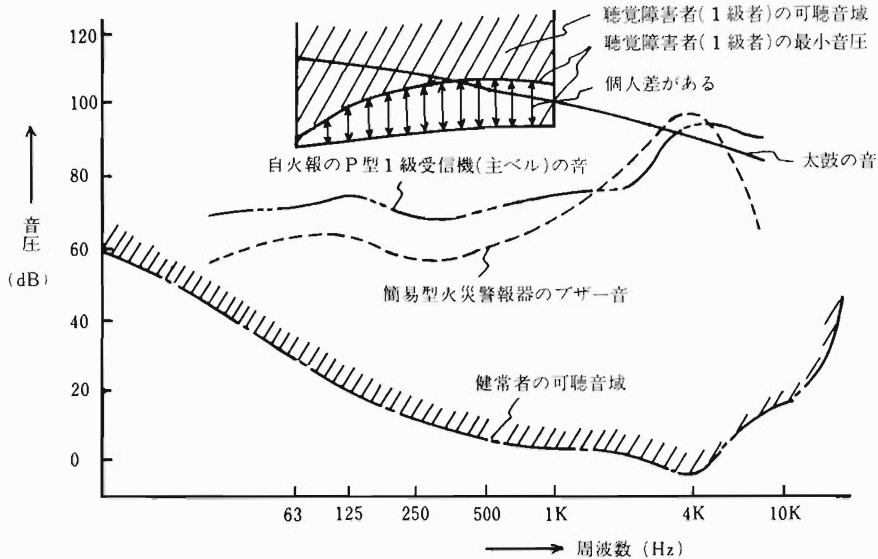


図2 聴覚障害者の可聴音域及び太鼓、ベル、簡警器のブザー等の発生音

3. 聴覚障害者用火災警報装置（低周波音）の概要

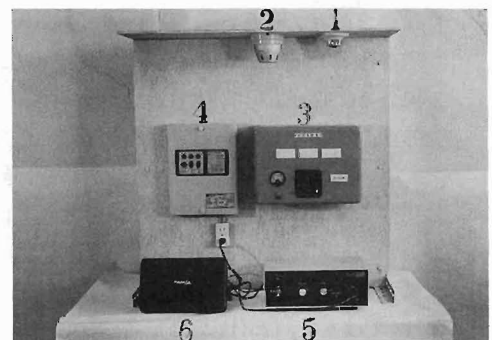
聴覚障害者の音感特性の測定結果から125～500Hzの音を100dB程度の音圧で発生させれば、聴覚障害程度1級者が聴きとれることがわかったので、この結果に基づき低周波音による火災警報装置を試作した。

火災警報装置は写真1のとおりに感知器、受信機、警報音発生装置、スピーカー等によるシステムとして構成されている。

今回、新たに開発した警報音発生装置の構造、諸元、性能は次のとおりである。

(1) 構造、諸元

聴覚障害者が聴きとることのできる音は、低周波音域のごく限られた範囲であり、この周波数域で十分な音圧を出せる楽器について調査した結果、ティンパニー、和太鼓音がこの音域に



①熱感知器 ②煙感知器 ③受信機
④信号変換器 ⑤警報音発生装置 ⑥スピーカー

写真1 試作した火災警報装置

近いことがわかったので、これらの楽器を使って、音色等を変えた6種類の音を作り、音声合成基板上に収録した。

試作した火災警報音発生装置は、この6種類の音声合成基板を内蔵した警報音発生装置本体とスピーカーから構成され、警報音はスピーカーから任意の音圧で発生させることができる。音の切換はスイッチで選択し、再生時間は8秒間、リピート機能がある。

音声合成基板に収録した音源は表2に示す楽器を使い、音色等を変えた6種類の音である。

表1 火災警報音発生装置の諸元

音源部	大 き さ	幅300×奥行200×高さ110mm
	音の種類	太鼓の音など6種類
	録音方式	音声合成基板
	入力電圧	AC100V (50/60Hz)
ス ピ ー カ ー	直径15cm 160W 型	

表2 警報音の音源等

	音源の楽器	音 階	連続・断続
警報音1	ティンパニー	ファ	断 続
警報音2	ティンパニー	ファ	連 続
警報音3	ティンパニー	シ	断 続
警報音4	ティンパニー	シ	連 続
警報音5	和太鼓	――	連 続
警報音6	和太鼓	――	断 続

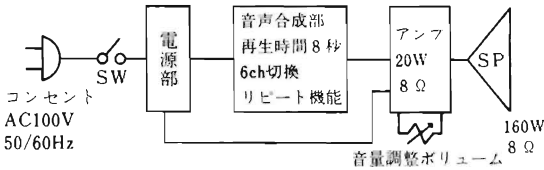


図3 火災警報音発生装置の概略図

(2) 特性、性能

6種類の音について音圧及び周波数分析を行った。

ア 測定方法

火災警報音発生装置のスピーカーの前方1mの位置にマイクロホンを設定し、これに騒音計及び周波数分析器を接続して測定した。

イ 測定結果

音圧及び周波数分析の結果は図4に示すとおりである。

6種類の音はオーバーオール値で103～110dBの範囲にある。また、周波数分析した音圧のピーク値は250～500Hz帯にあり、音圧は99～103dBの範囲内で聴覚障害者が十分に聴取できる音域及び音圧である。

4. 警報音の聴取確認等の実験

試作した警報音発生装置を前記の音感特性の測定を行った施設に持込み、聴覚障害程度1級者17名、3、4級者各1名の協力を得て、発生音の聴取状況の測定及び確認を行った。

(1) 実験項目

- ア 音色と聴取状況の関係について
- イ スピーカー設定位置と聴取状況の関係について
- ウ スピーカー発生音の指向性、減衰状況について
- エ スピーカーの口径と発生音圧及び周波数特性の関係について
- オ 振動パットの特性及び人体感覚度について

(2) 実験方法

ア 音色と聴取状況の関係について
音感特性の測定と同様に火災警報音発生装置のスピーカー前方1mの位置に被験者が椅子に着席し、6種類の警報音について順次音圧を上げてゆき、被験者が聴きとれたときに挙手してもらう方法で行った。

イ スピーカー設定位置と聴取状況の関係について

火災警報音発生装置のスピーカーを廊下に設置した場合、廊下及び居室内の聴取状況について実験した。

次にスピーカーを居室内に設置した場合、居室内の聴取状況について実験した。

ウ スピーカー発生音の指向性、減衰状況について

スピーカーを設定する部屋の大きさ、環境条件を変えて測定した。

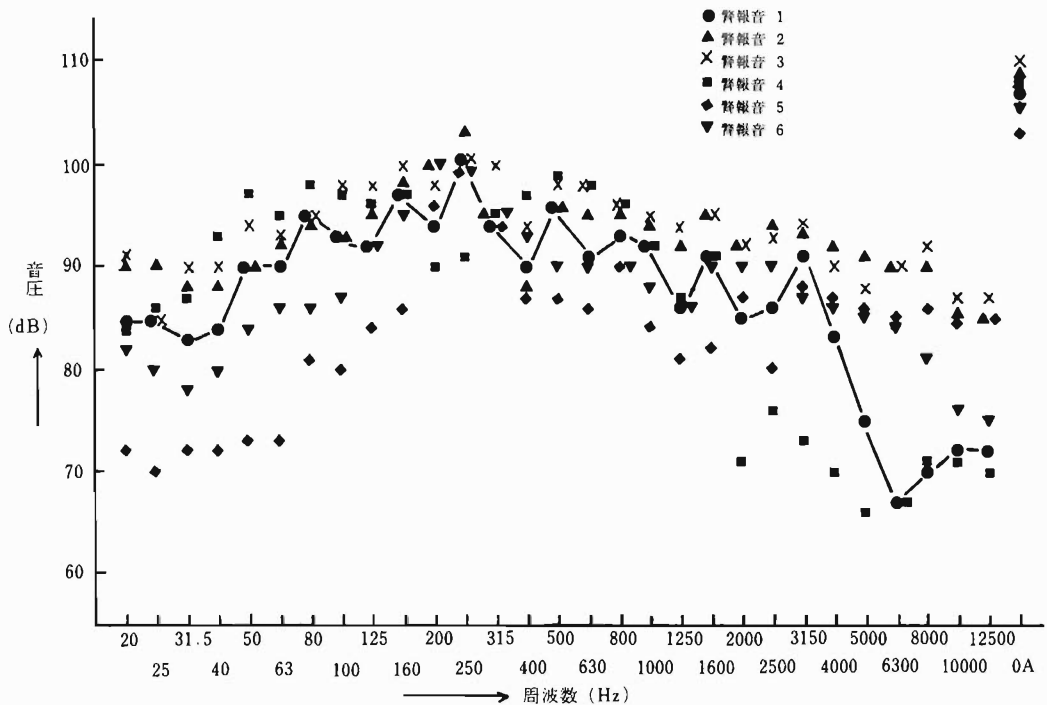


図4 警報音の周波数分析結果

測定 1

福祉施設食堂の机上(床上0.7m)にスピーカーを置き、警報音発生装置の音量調整ボリュームを最大(警報音の減衰状態の測定については全て音量調整ボリュームを最大とした。)に上げ、警報音を鳴動させたとき、スピーカーから距離1m, 2m……位置(正面, 側方及び45°)の音圧をそれぞれ測定した。

測定 2

当研究所電気実験室(縦7.8×横5.8m)内に設置されている実験台上(床上0.9m)にスピーカーを置き、上記と同様に音圧を測定した。

測定 3

当研究所4階廊下(幅1.8×高さ2.4×長さ29.8m)隅に直径15cm, 直径7cmのスピーカーを床上0.45m及び1.8mの高さにそれぞれ置き、スピーカー正面から距離1～26m位置における音圧を測定した。

エ スピーカーの口径と発生音圧及び周波数特性の関係について

スピーカーの大きさを直径15, 10, 7, 5

cmに変え、警報音1, 2の2種類について周波数分析及び音圧測定を行った。

オ 振動パットの特性及び人体感覚度について
振動パットに内蔵されている音響振動器具の上に加速度変換器を置き、警報音発生装置の音量調整ボリュームを最大として、周波数分析器により振動周波数を測定した。また、振動の人体感覚度実験を行った。

(3) 実験時の使用測定機器等

ア 警報音発生装置

イ スピーカー

松下電器 160W 8Ω 直径15cm

松下電器 160W 8Ω 直径10cm

フォステックス 10W 8Ω 直径7cm

ビクター 10W 8Ω 直径5cm

ウ 振動パット

ボディソニック A400(アンプ)

ボディソニック BMP-785(パット)

エ 騒音計

リオン NA-60

オ 周波数分析器

リオン SA-71

カ 加速度変換器

共和電業 AS-2C(2G 用)

キ 動ひずみ計

共和電業 DDM-1M

(4) 実験結果

ア 音色と聴取状況について

各警報音の聴取実験結果は図5に示すとおりであり、聴覚障害程度1級者17名全員が6種類の全ての警報音を95～107dBの範囲内で、また、聴覚障害程度3、4級各1名は95～97dBの範囲内で聴きとれた。

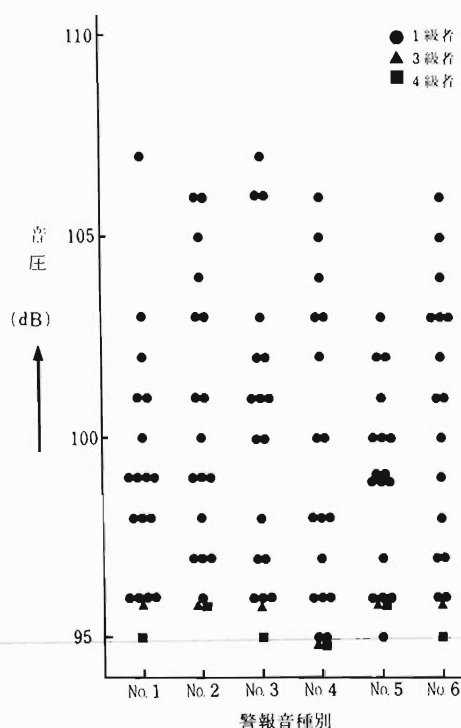


図5 警報音の聴取実験結果

聴覚障害程度1級者17名が聴きとれた警報音の音色と音圧の関係については次のとおりである。

警報音1については、96～107dBで全員聴きとれた。音圧のばらつきも少なく警報音として良好と思われる。

警報音2については、96～106dBで全員聴きとれたが、音圧は全体的にばらついている。

警報音3については、96～107dBで全員、100～103dBで8名聴きとれた。

警報音4については、95～106dBで全員聴きとれたが、音圧は全体的にばらついている。

警報音5については、95～103dBで全員、98～103dBで12名聴きとれた。

この警報音は、試作した6種類の警報音の中で最も低い音圧で聴きとれている。しかし音量調整ボリュームを一定にして鳴動をつづけると音圧が徐々に減衰していく現象があった。

警報音6については、96～105dBで全員聴きとれたが、音圧は全体的にばらついている。
イ スピーカーの設置位置と聴取状況の関係について

福祉施設2階の廊下にスピーカーを置き、廊下においてスピーカーに徐々に近づいてきた場合、図6に示す位置で聴きとれた。

また、居室1、6において居室出入口の扉を開け閉めしたときに警報音が聴きとれるかどうか確認したところ、扉を開けたとき被験者4名中3名が聴きとれたが、扉を閉めたときは誰も聴きとれなかった。

次に、居室内において暖房器(高さ0.65m)上に置いたスピーカーより約3m離れた位置で被験者(聴覚障害程度1級)4名が畳の上に正座した状態で行った結果、警報音を聴きとれたときの音圧は88～95dBの範囲内であった。

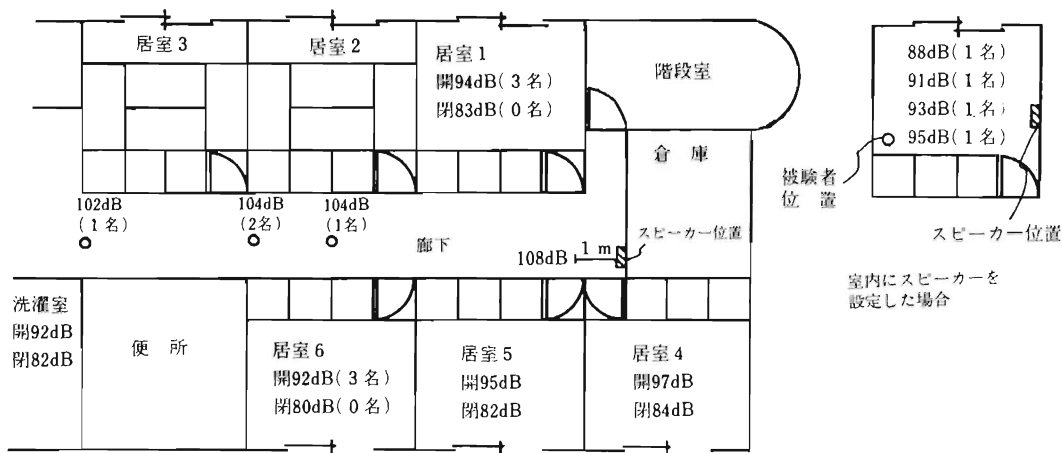
このように低い音圧で聴きとることができるのは、部屋が小さいこと、低周波音が畳などを振動させること等が影響しているものと思われる。

ウ スピーカー発生源の指向性について

スピーカーを設定する部屋の大きさ等を変えて音の指向性及び減衰状態の測定結果は図7～9に示すとおりである。

福祉施設食堂における実験では直径15cmのスピーカーの場合、スピーカーから1mの正面で108dB、側方で103dB、45°方向で107dB、2m位置の正面で104dB、側方で102dB、45°方向で104dBであった。また、スピーカー正面方向では5m、45°方向で4m、側方で1mの範囲で103dB以上の音圧が得られた。

福祉施設食堂で金属製書庫の前後で音圧が



廊下にスピーカーを設定した場合

注 { 被験者 4 名 (1 級者)
 { 居室内位置 中央に円形で正座
 { ()内は聴きとれた人員

図 6 福祉施設 2 階における測定結果

どのように変化するか比較すると、図 7 に示すように、スピーカー側方の書庫の前で 98dB の音圧は書庫後方で 94dB に、また、45° 方向では、書庫前で 103dB の音圧は書庫後方で 95dB に大きく減衰していることがわかった。

福祉施設食堂のガラス戸を閉めた場合、図 7 に示すとおりガラス戸付近の室内での音圧は 98dB であったが、ガラス戸付近の屋外では 78dB、また、ガラス戸から屋外へ 2 m 離れた位置では 75dB であった。

当研究所電気実験室における実験では、図 8 に示すとおり、直径 15cm のスピーカーの場合、スピーカーの正面方向で 3 m、45° 方向で約 2.5m、側方で 1 m の範囲において 103dB 以上の音圧が得られた。

また、直径 10cm のスピーカーの場合、スピーカーの正面方向で 2 m、45° 方向、側方で 1 m の範囲において 103dB 以上の音圧が得られた。

当研究所 4 階廊下における実験では、図 9 に示すとおり、直径 15cm のスピーカーでは設定位置に関係なくスピーカーから 3 m 以内で

103dB の音圧が得られた。

エ スピーカーの口径と発生音圧及び周波数特性の関係について

スピーカーの大きさ別の発生音圧及び周波数特性の測定結果は図 10 にしめすとおりである。

直径 10cm のスピーカー (出力 160W) の場合はオーバーオール値で 103dB であり、聴覚障害程度 1 級者が聴きとれる音圧が得られている。また、音圧のピーク値における周波数は警報音 1、2 でそれぞれ 200Hz、160Hz である。

直径 7 cm、直径 5 cm のスピーカー (各出力 10W) の場合はそれぞれオーバーオール値で 93～95dB 及び 87～89dB であり、十分な音圧は得られなかった。

直径 7 cm のスピーカーは各警報音とも音圧のピーク値が 250Hz で 89dB～90dB の音圧であるが、直径 5 cm のスピーカーの場合は、音圧のピーク値が 79～82dB である。また、音圧のピーク値における周波数は、警報音 1、2 でそれぞれ 2000Hz、1600Hz と高音域にずれてしまう。

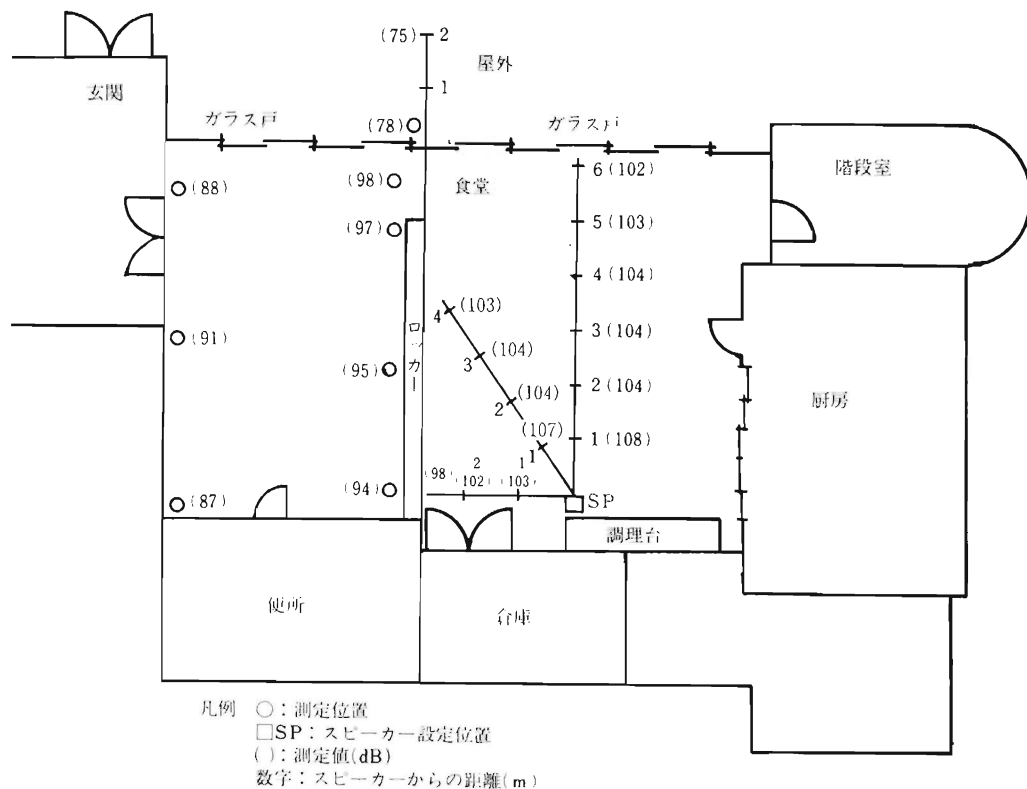


図7 福祉施設の食堂

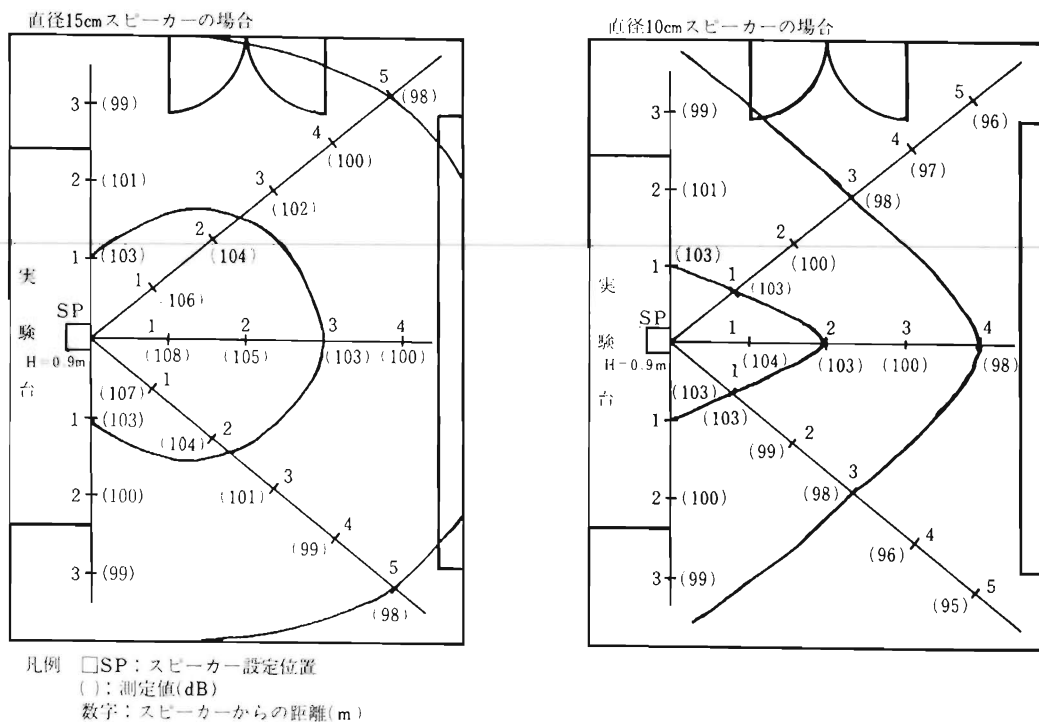


図8 当研究所の電気実験室

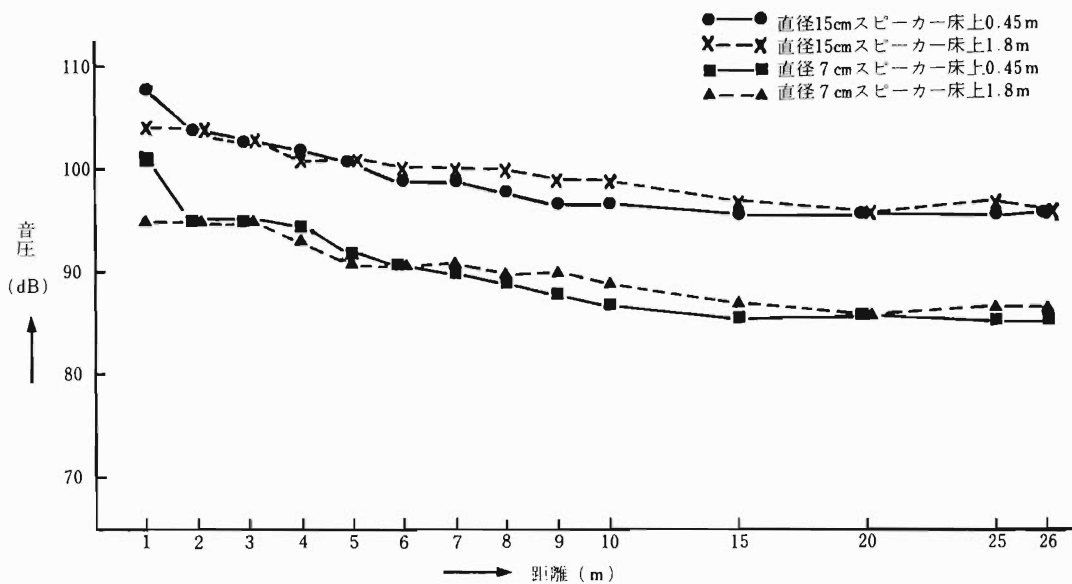


図9 当研究所4階廊下における音の減衰状態測定結果

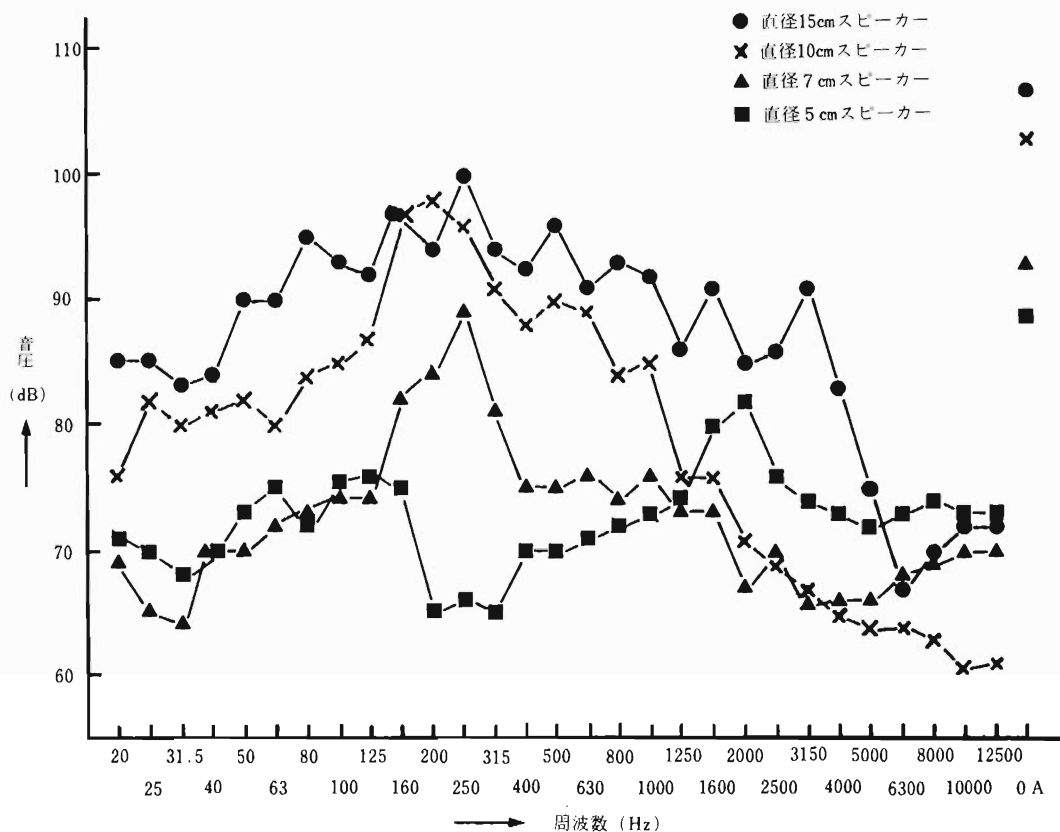


図10 スピーカーの大きさ別の周波数分析結果（警報音1）

オ 振動パットの特性及び人体感覚度について
警報音発生装置に振動パットを接続し、振動に変換した場合は85～175Hzの低周波域がピーク値となった。

また、振動パット上に寝た聴覚障害者がどの程度で振動を感知できるか確認したところ、警報音発生装置の音量調整ボリュームをほとんど上げることなく感知できることがわかった。

(5) 考 察

ア 音色の選定、音圧等について

試作した警報音発生装置の警報音(6種類)は、周波数分析器で測定した結果、音圧のピーク値が125～500Hz帯域にあり、音圧はオーバーオール値で103～110dB得られ聴覚障害者が十分に聴取できるものである。

6種類の警報音のうち聴覚障害者に聴取しやすい音源としては、ばらつき等を考慮し、発生音圧が103dBで聴覚障害程度1級者17名中16名(94%)が聴きとれた警報音1(中心周波数250Hz)が適しており、音圧は103dB以上確保する必要がある。

イ スピーカーの設置位置、個数等について

多数の人が共同生活する福祉施設等に本装置を設置する場合、スピーカーは廊下と各居室内に設置する必要がある。

また、部屋の大きさによっても、任意の位置で可聴音圧が得られるようにスピーカーの設置個数を決める必要がある。

ウ スピーカーの大きさ、出力について

スピーカーは、125～500Hzの低周波域に強い音圧特性をもち警報音を103dB以上の音圧で発生させる能力のものが必要である。このためには現状では10cm以上で出力が160W以上のスピーカーが必要である。

エ 振動パットについて

健常者、障害者をとわず就寝時において火災発生を確実に覚知する方法として、振動パットは非常に有効なものと思われる。

5. ま と め

視覚あるいは聴覚障害者の防災設備の充実化対策に関しては、火災発生時の警報の伝達手段について一連の研究を行ってきた。

低周波音が聴覚障害者に対し、警報伝達手段として、有効なものであり、また、火災警報装置として具体化する方法についても今回の研究によって明らかになった。今後、実用化にあたっては、警報音として関係者に認知してもらうための研究、普及しやすい安価な装置とすること、設置に関連して関係法令の整備などが必要になると思われる。