

超音波式方向探知機について (第1報)

関 口 清 太 郎*
大 熊 順 三*
市 川 治 臣*
池 辺 昇 一*

1. はじめに

近年、建築技術の進歩は著しいものがあるが、消防、防火という面からみると好ましくないものが相当ある。

地下室、地下街および無窓階建物火災時の人命の危険性および消防活動のむずかしさについては、数多くの火災事例が示しているごとく、その熱気と濃煙が消防活動を阻害する大きな要素となっている。ことに、濃煙中では照明効果もなく、盲目同様となって隊員自身の出口の方向がわからなくなる心配がある。

そこで、我々が濃煙中で人命検索等を有効に行なうためには、我々自身の方向を常に確実に把握していることが必要である。

そこで、今回は濃煙中において出口の方向を探知す

る測定機について研究を行なったので報告する。

なお、この種の機器では、光線、赤外線、電波、超音波等が用いられると思われるが、それぞれの特質があり用途によって選定しなければならない。しかし、ここではこれらの点についての検討は省略し、超音波を利用したものだけに限りたい。

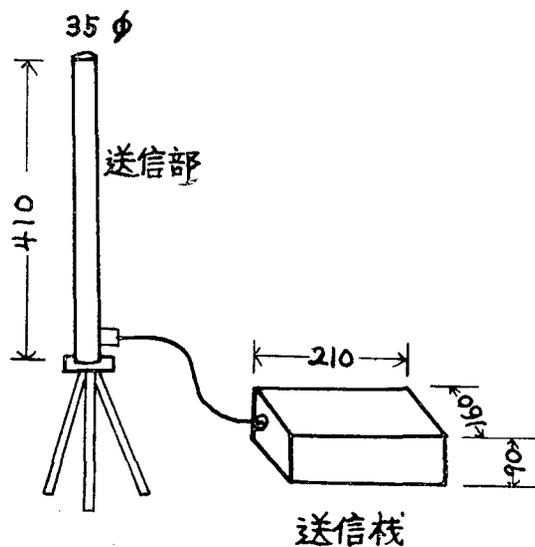
2. 方向探知機の原理と概要

この方向探知機は、超音波送信機と受信機から構成され、濃煙の充満した室内等に進入する場合、入口附近の位置に送信機を送信状態で設置し、受信機で受信しながら進入し、その方向を確認するものである。

1. 方向探知機の概要

この方向探知機の概要は第1図のとおりである。また、この重量は送信機が2.1kg、受信機が0.8kgである。

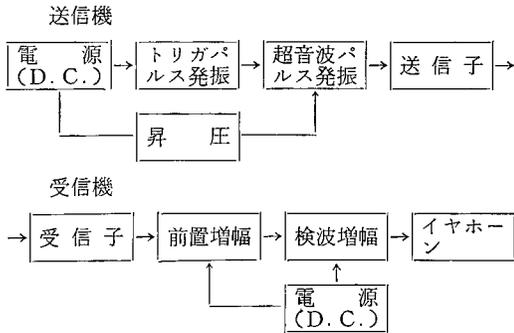
第1図 送 受 機 の 概 要



* 第一研究室

2. 方向探知機の原理

本機のブロックダイアグラムは下記のとおりである。



ここで、送信機は出力20W、電源D.C.12(V)、トリガパルス発振10C/S鋸歯状波、超音波発振40KC/S搬送波正弦波 ($i = e^{-\lambda t} \times \sin \omega t$)、昇圧 D.C.250(V)、送信子チタン酸バリウム ($\text{Ba}_2 \text{TiO}_4$) である。

また、受信機は受信子チタン酸バリウム ($\text{Ba}_2 \text{TiO}_4$) で受信した信号を前置増幅部で増幅し、さらに検波増幅し、音声信号として取り出すものである。なお、この受信機の受信角度は6度で、送信機の方向に向いた場合のみ受信するものである。

3. 方向探知機の性能試験

(1) 空気中 (常温常圧) の(-)dB特性

受信距離0mの場合の受信利得を0とした場合の距離に対する減衰特性、すなわち(-)dB等性は第1表第2図に示すとおりである。なお、この場合の(-)dB特性は次の式で表わされる。

$$-dB = 20 \log_{10} \frac{E_1}{E_2}$$

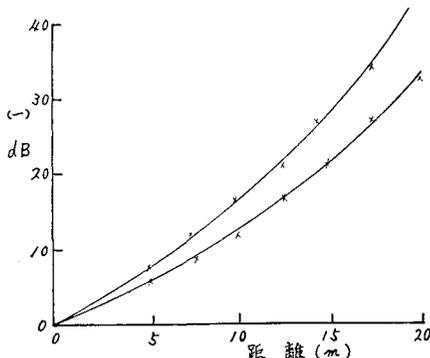
E_1 は入力電圧

E_2 は出力電圧

第1表 空気中の(-)dB 特性

-dB	m	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
実験 1	0	2	5	7	10	14	16	20	24	28	33	38
実験 2	0	1	5	8	12	19	28	33	36	37	38	38

第2図 空気中の特性



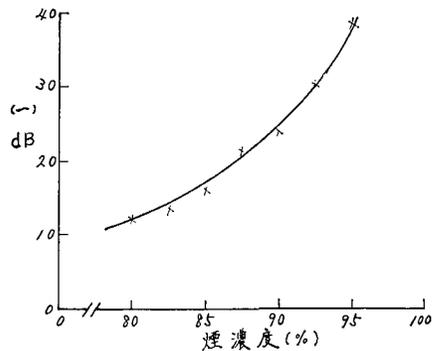
(2) 煙中 (常温常圧) の(-)dB 特性

受信距離5mの場合の煙濃度に対する(-)dB特性は第2表、第3図に示すとおりである。

第2表 煙中の(-)dB 特性

煙濃度% 利得	96.5	96.0	95.2	93.4	92.0	90.0	87.0	80.0
-dB	57	53	40	33	28	23	18	13

第3図 煙中の特性



なお、この場合の煙濃度は無煙の状態ですべて暗室中、光源2Wの電球から0.5m離れた位置で光電池により受光し、このときの起電流値を100として発煙筒の煙を充填させたときの起電流の減少値をパーセントで示したものである。

また、光の通る煙層の厚さ(m)を考慮した下記の煙濃度についても併記しておく。

$$C_s = \frac{1}{l} \log_e \frac{I_0}{I}$$

ここで、 C_s : 煙の濃度

l : 光の通る煙層の厚さ(m)

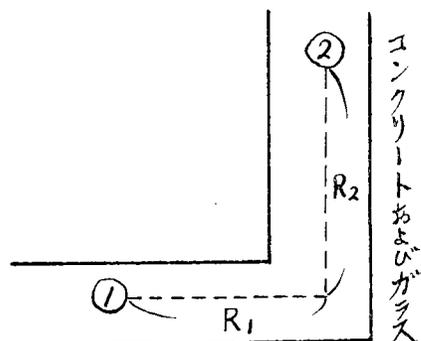
I_0 : 煙のない場合の光の強さを示す電流値

I : 煙を通しての光の強さを示す電流値

(4) 屋内直角屈折特性

第4図のような一般耐火建物の通路において直角屈折試験を行なった結果、第3表の結果を得た。

第4図 屋内屈折図



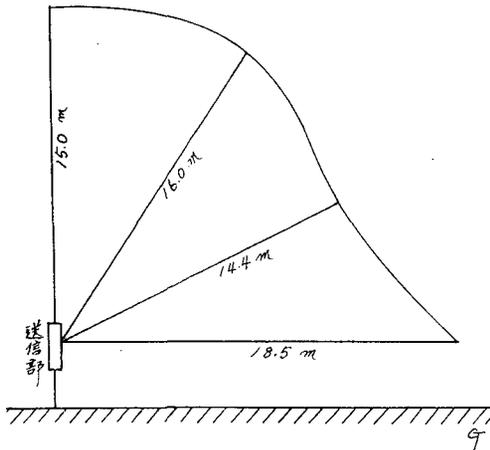
第3表 屋内直角屈折特性

R_1 (m)	R_2 (m)	R_1+R_2 (m)	K
0	23.0	23.0	1
1	17.0	18.5	0.8
2	15.2	17.2	0.75
3	14.0	17.2	0.75
4	11.0	15.0	0.65
5	10.0	15.0	0.65
6	9.0	15.0	0.65
7	8.0	15.0	0.65
8	6.3	14.3	0.62
9	6.0	15.0	0.65
10	5.0	15.0	0.65

K : $R_1=0$ の場合の到達距離を1とした場合の各減少常数

(5) 送信機の指向性

第5図 送信機の指向性



本機の最小受信等音特性は第5図に示すとおりである。なお送信子は実使用状態に設置した。

イ 受信機の指向性

この受信部は細長い筒でマイクロホン式となっていてその指向性は自由に変えられる。

4. 考 察

1. 空気中および煙中の超音波の減衰

空気中の超音波の減衰は第1表および第2図に示すように距離に対してほぼ一定に減衰している。そしてその値は-1.5~2.0dB/m程度である。

また、煙中の(-)dB特性は第2表および第3図に示すように煙濃度80%以下では空気中とほとんど同様40 KC/S 超音波に対して透明であるが、その煙濃度が80%以上になると受信距離5mで煙濃度1%当たり2.5 dBの減少を示す。

したがって、今煙濃度90%で10mの位置から受信する場合は50dBの減少のあることを考慮して設計することが必要である。

しかしながら、この煙は発煙筒の煙であり、その成分の多くは塩化亜鉛であることから、実火災時の煙と同様に考えることは必ずしも適当ではないが近似的に考えて良いと思う。

また、この場合の煙濃度80%では発炎状態にある木材燃焼物を1.5m以上の距離から確認することはできない。

2. 一般屋内通路における超音波の反射と減衰について

一般屋内通路による超音波の反射と減衰は第3表第4に示すとおり送信、受信の間どの位置の反射もその減衰の割合がほぼ一定である。到達距離は屈折のない場合に比べて15~25%減少する。

したがって実際の使用の場合は距離、煙濃度、屈折等によって超音波の到達距離が減少する。

3. 送信機の指向性について

送信機の無指向性については第5図に示すように超音波の伝播が水平方向に対して最も強く、他はほぼ同一でまず無指向性といえる。

また受信機については、受信子とその前面の筒により指向度を自由に変えることができる。

4. 出力と伝播距離について

本機の送信出力は20Wで比較的小さなものである。したがって、この場合は出力レベル約40dBに対して20mの空気中、および95%の濃度の煙中約5mで減衰してしまうが幾つかの送信機を直列(距離的)に使用するか、出力の大きいものを使用することにより遠距離までその目的を達することができる。

5. 信号音について

この信号音は、トリガパルスによる超音波変調波を検波増幅し信号音としてレシーバーで受信するものであるが音色、音量を設計によって変えることは容易である。

6. 形状と携帯性について

現状でも消防用個人装備として重量、形状とも不適當ではないが、小型ほど良いことは論ずるまでもない。特に、受信機の小型が必要である。この受信機は最終的には棒状マイクロホン程度の形状となる。

5. む す び

本機はまだ未完成の部分も多々あるが、超音波を利用して方向を探知できることおよび煙(発煙筒)の濃度によって超音波の減少すること等が明らかとなった。

また煙濃度が80%以下ならば超音波にとっては、ほとんど透明で、一般空気中となんら変わらなく伝播することが判明した。

しかし、ここでの煙は発煙筒の煙で、この煙は塩化亜鉛を成分とする比較的重いもので、空気振動である超音波伝播にとっては実火災の煙に比べてよりきびしい条件である。したがって、同性能の方向探知機では実火災時の煙中の方が発煙筒の煙よりさらに遠方から受信可能となる。

また、遠距離への送信は出力を大きくすればよいわけであるが、幾つかの送信の組み合わせによっても目的を達することができる。

以後、さらに大出力、高感度、小型化の研究を行ない詳細を報告するつもりである。とりあえず第一報として報告する。

なお、本機の試作に当たり、超音波工業株式会社の御協力に深く感謝する。