

空気呼吸器の拡声装置の改良について

The Improvements of The Face Mask
Accessory of Air Breathing Apparatus.

国 本 由 人 *
辻 英 機 *
高 橋 裕 *

The face masks of air breathing apparatus restrict operating the hand held FM two-way radio in smoke and poisonous gases behavior.

We have examined and improved the face mask accessory that enables two-way radio communication while wearing breathing apparatus.

In result, a electret condenser type microphone has wide frequency band and high output. It shows better performance in voice communication than other types microphone. The best setting place of microphone in acoustics is the near side of mouth on the breathing mask. So we made and tested a few trial productions of the face mask accessory for practical use.

1. はじめに

携帯無線機は災害現場等において、各級指揮者及び消防隊員が携帯し相互に指揮命令や情報連絡の伝達手段として不可欠な機器である。特に中・小隊長など、災害現場の最前線での必要性は大きいが使用に適した機能をもつ機種は限られ充分とは言えない。

本研究は昭和57年度消防科学化推進委員会に提出されたテーマで、現場の濃煙中で空気呼吸器の面体を着装したままで容易に交信ができる携帯無線機を望む案があり、従来の装置等を検討する必要から行なわれたものである。

東京消防庁では昭和48年度に現在の拡声装置に類似したもので携帯無線機への出力端子とコードを有しており空気呼吸器の面体に設置した本装置とマイクにより必要に応じて面体を着装したままで携帯無線機の送信が可能であるといった機能を有する面体用拡声装置を導入し、一部の隊員に使われていた。

また、全国消防長会会報によれば、近年に面体内にマイクを取付け市販の無線機の改良を行なった報告があり、また昭和54年東京消防庁所報で鳥井らにより、送受話をマイクとスピーカーを一体

化したイヤホン型送受話器及び送受信の切換を歯の噛み合せにより行う装置の開発がなされ報告されている。しかし、呼吸器の面体に取りつけるマイクの選択、取付け位置などについての基礎研究は少ない。本研究では、第一段階として音響用人頭を用い音響的特性より基礎的な検討を行なった。次に第二段階として、現在、東京消防庁で採用されている空気呼吸器と携帯無線機に応用し、有線方式及び無線方式による面体用マイクを試作したのでその結果について報告する。

2. 実験装置

空気呼吸器の面体に取り付けられている拡声装置やこれらに適したマイクとは従来より経験的に選択されている。無線交信の場合のマイクは装置や通信用の電波方式により制約された条件で確実に情報を伝える必要性があり、使用者が不特定多数である事から装置としての明瞭度を制約された条件で最大限確保する必要がある。そこで、明瞭度について数量的に表わすために図1及び写真1で示す実験装置により測定を行なった。

本実験装置で使用した音響用人頭は松下電器産業(株)製のアンピエンス・マイクロフォン (RP-3280E) で、口元を横に長細く穴を開け内側から市販の直径5cmのポリエステル振動板をもつスピーカーを音源として取りつけ、各試験用の音源とし

3. 拡声装置及び伝声装置の特性

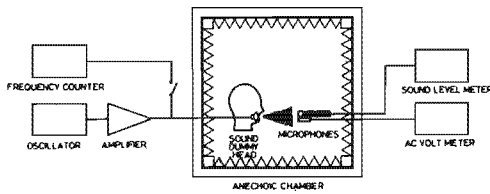


図1 測定装置の構成図

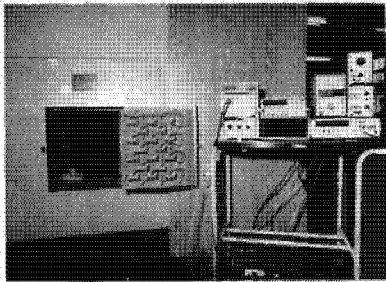


写真1 測定装置

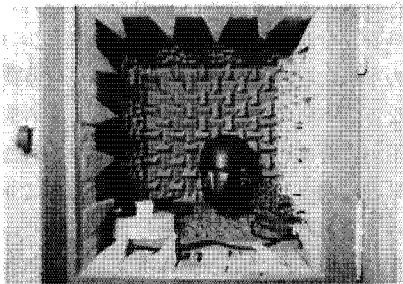


写真2 無響箱内の音響人頭

た。これを写真2に示す。

低周波の信号源として菊水電子(株)製の低周波発振器(418B)を用い、トランジスターアンプにより増幅し、10~10KHzの正弦波、方形波を音源とした。

また周波数の監視用に竹田理研製ユニバーサルカウンター(TR-5104G)を使用した。

マイクの出力量の測定用として菊水電子(株)製の交流電圧計(I633A)及び岩崎通信(株)製のマルチロガー(SC-7501)により測定した。

また被検体マイク、校正用マイク及び音源(音響人頭)を有効容積500×500×500mmの日東防績(株)製の無響箱B型に収納し防音環境内にて測定した。

面体装着時には、面体があごを含む顔前面を包み締付けるため発声のためのあごの動作の自由を奪い明瞭度を低下させる大きな要因となっている。また面体の材質はゴムのため明瞭度を左右する高域を吸収する性質がある。また現在、東京消防庁で採用されている伝声板と呼ばれている伝声装置(川重防災工業(株)製DPM-57)を面体に取り付けた場合と拡声装置(旭電機工業(株)製)をとりつけた場合の元の音源との音圧の差について音源正面15cm上にサウンドレベルメーターのマイクを設置し平均80dBの正弦波を音源より発生した場合の結果を図2に示す。

外部へ音声を伝える装置のない面体の場合は、500Hzより高域は徐々に減衰し人間の声の一般的な音域と言われている1KHzから3KHzの部分では面体がない場合では、平均-16.8dBであり、伝声装置が取付けられた場合では、平均-8.4dBとなり8.4dBの改善が認められ、音声は面体の外へ伝わりやすくなっている。

次に拡声装置を用いた場合は、平均5.4dBとなり面体のみと比較し22.2dB、伝声装置に比べ、13.8dBの改善がはかられているが、2KHzから2.5KHzの音域での減衰と5KHzから6KHzでの増幅がみられ、特性曲線から、カン高い音が発生する装置であることが予想される。次に拡声装置の形状及び性能を表1及び写真3に示す。

拡声装置部分のマイク部分にはトランジスターアンプ内蔵のエレクトレットコンデンサー型マイク(松下通信工業(株)製WM-34)が使われており、マイクに100dBの音圧が加わった時、平均35dBv(1.8mV)の出力が得られる。

拡声装置の増幅回路の入力電圧に対する出力電圧について1KHzの正弦波信号を入力部分に入れ、出力部分に純抵抗として10Ωをつなぎその両端電圧について測定すると図3の結果が得られる。入力65mVの時に出力電圧が最大となり歪みの少ない音を出すためには、入力電圧が65mVよりはるかに小さい入力電圧でなければならないが、この装置のみではマイク出力と増幅器の入力範囲はマッチしている。また各同一入力電圧による10Hzから10KHzの正弦波に対応する拡声装置の出力電圧について図4に示す。これは2KHzにゆるやかな

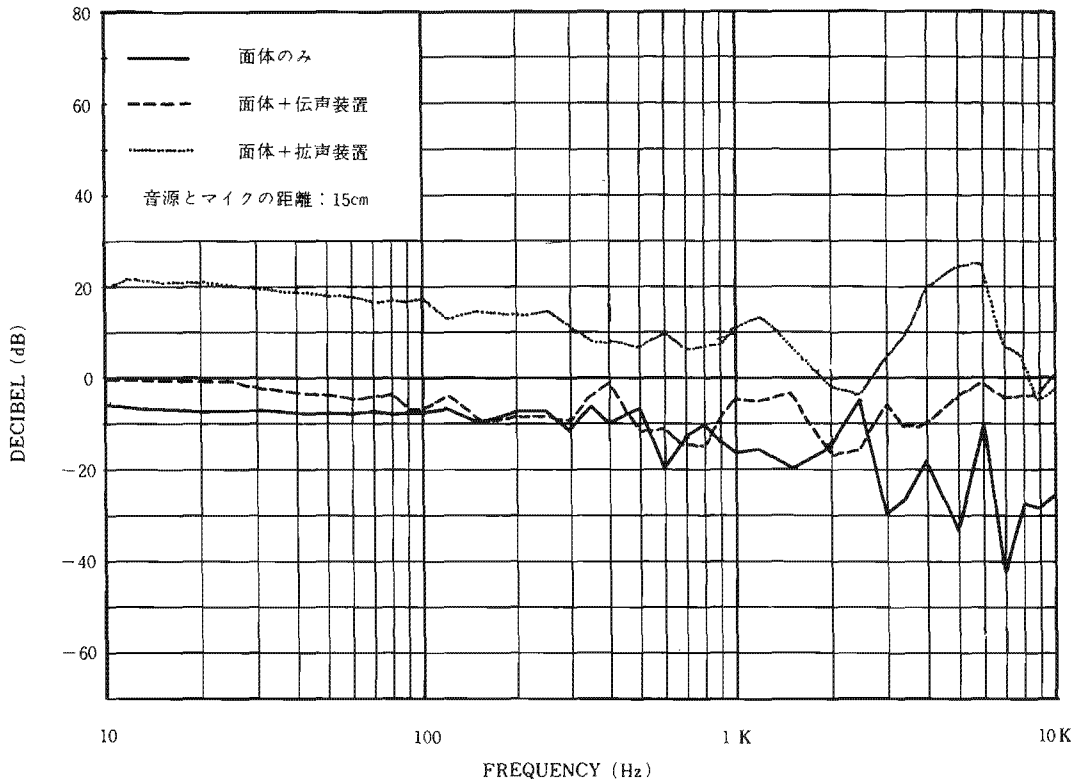


図2 各面体通話装置による外部での音圧変化

表1 拡声装置の性能

寸法	60φ×23mm
重量	150g以下
最大出力	200mW以上(電源電圧2.5V)
無歪最大出力	75mW以上
周波数特性	出力7.5mW(1KHz基準)にて 0.5KHzで-14±5dB以内 3KHzで+8±5dB以内
消費電流	出力75mWのとき120mA以下
電源	Ni-Cd充電電池(DC2.5V)
使用時間	連続8時間

注：旭電機工業(株)製拡声装置取扱説明書より抜粋

ピークをもつ周波数特性をもち明瞭度を増すために手を加えていることがわかる。

4. 各種マイクの特性

面体用マイクを試作するにあたり現在、東京消防庁で採用されているマイクについて個々の特性について測定し選択の目安とした。

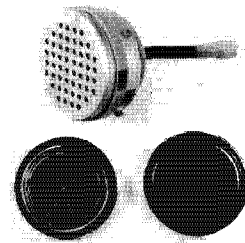


写真3 伝声板と拡声装置

測定に供したマイクとして

- 拡声装置用エレクトレットコンデンサー型マイク
 - エアラインマスク用ダイナミック型マイク
 - 面体用マイク(川重防災工業(株)製)
 - 携帯無線機用スピーカー兼用マイク
- の以上4種類を用いた。

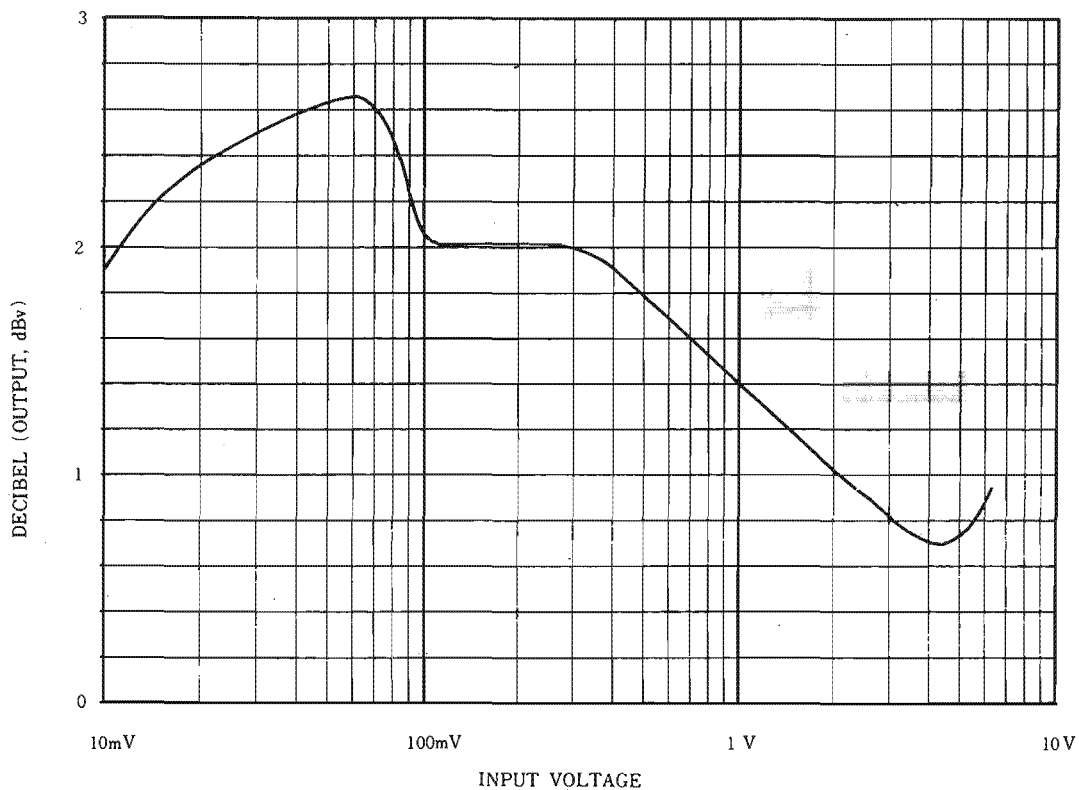


図3 拡声装置の出力電圧変化

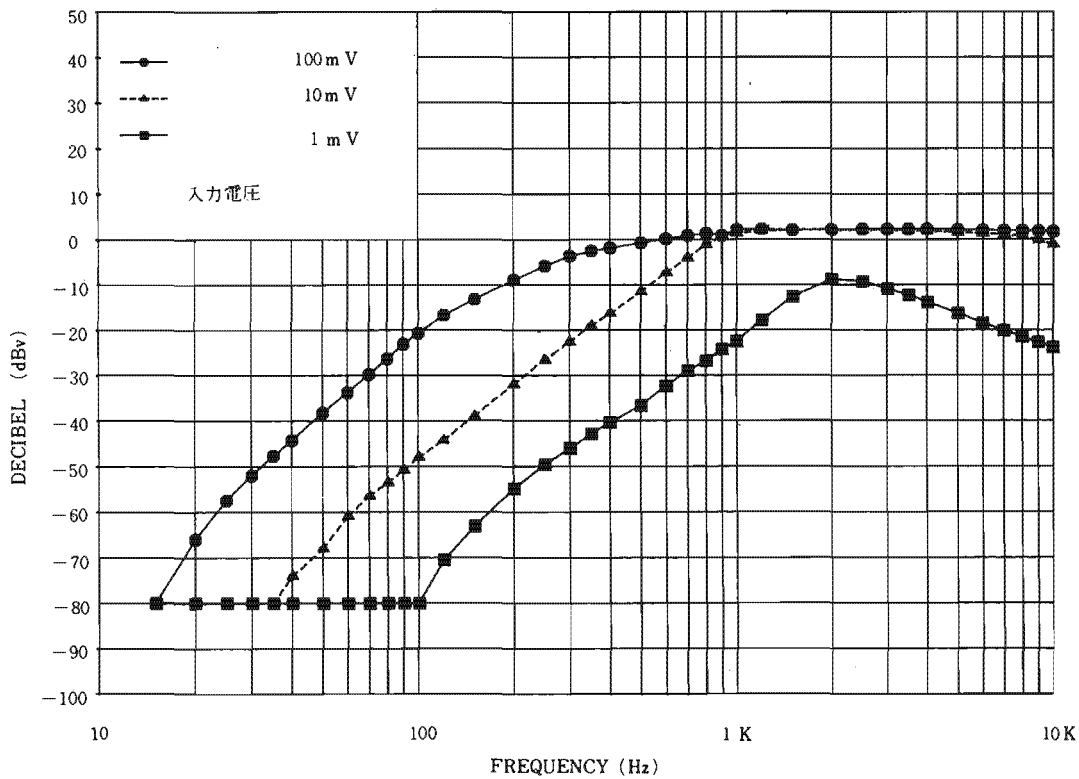


図4 拡声装置の出力特性
(76)

校正用のマイクとしてサウンドレベルメーターを同環境に設置し正弦波100dBの音源に対する出力

電圧をdBv (1V=0dB) で表わしたものが図5である。

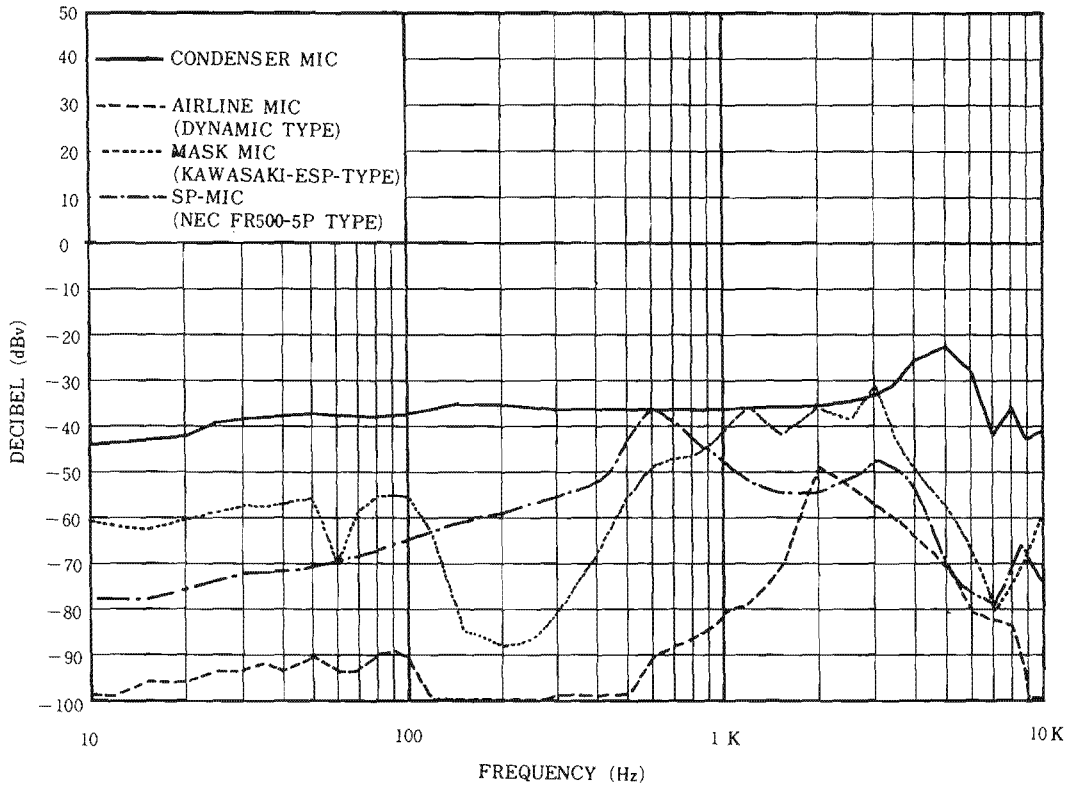


図5 各マイクの出力特性

各マイクの特徴として、コンデンサー型マイクの場合、低音域から3KHzまで平坦な特性を持ち5KHz付近に15dB程度、強調されたピークを持っている。エアライン用ダイナミック型マイクの場合、500Hzより急激に出力が上り2KHzに極端なピークをもち、またそれ以上の高域でまた急激に出力が減衰する特性をもっており、測定したマイクの中で一番出力が小さい。

川重防災工業製の面体用マイクは200Hzより出力が急激に上昇し1KHzから3KHzでは出力が一定でそれ以上の高域ではまだ出力が低下する特性をもっている。

人間の会話の明瞭度に関係する周波数としては、500Hz、1000Hz、2000Hzと言われており、この周波数の音域が十分に再生できる装置であれば明瞭な音声を伝えることができる。

また音声の通信伝送について考えてみると200

Hzから10000Hzの音域が信号として送れるのが理想的な伝送系である。しかし、無線交信の場合に最低限必要な音の帯域は500Hzさら5000Hzと言われ、これは先に述べた人間の声の明瞭性を損わないためである。

この他に、携帯無線機の場合、電源の持続時間をのばすため必要以上の電力を使わないためにもエネルギーレベルの高い低音域の切り捨てを行なっている。

東京消防庁で採用している携帯無線機FR-500-5P型の出力について図6に示す。

これは送信側の無線のマイクに一定の音圧の正弦波信号を音源より入力し、受信側の無線機の出力をdBvで表わしたもので、4000Hzまで音声を出しており、それ以上の高域の周波数については極端に減衰しているのがわかる。これにより携帯無線機用の面体マイクに必要な音域の条件は4000

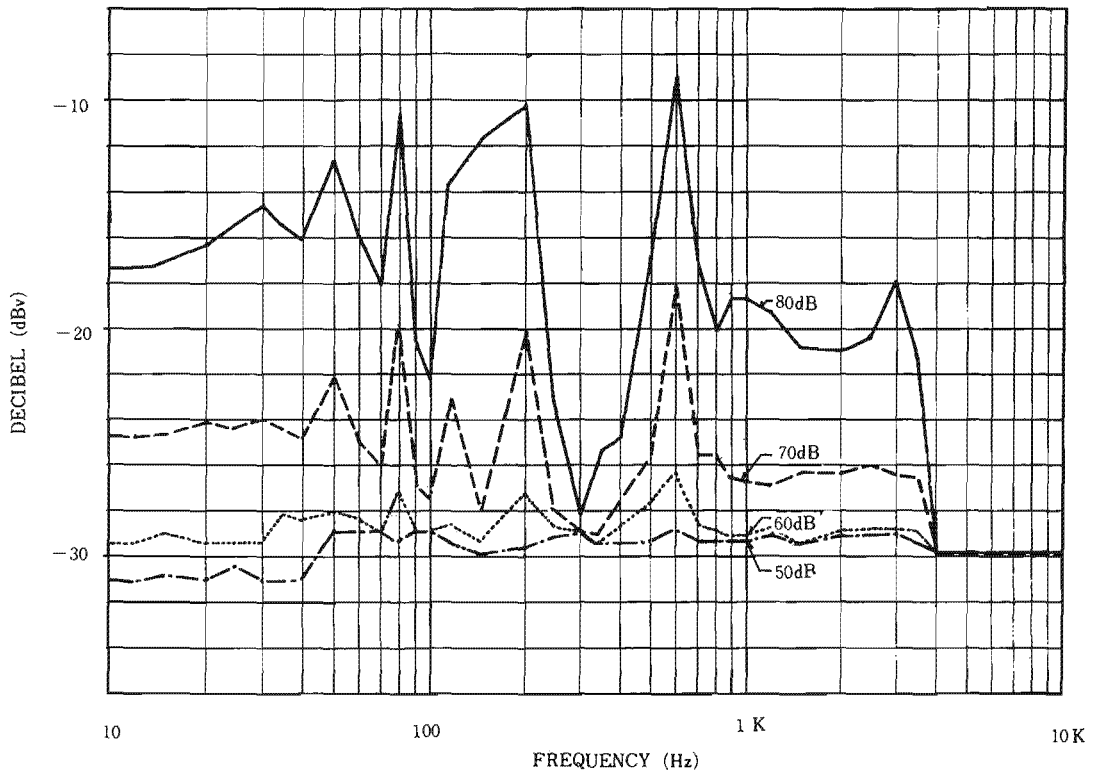


図6 携帯無線機の出力特性

Hzまで十分に再生できるマイクであればよいことがわかる。これらのことからマイクの選択を行うとエレクトレットコンデンサー型マイクは特性にくせのない自然な音を得られる。またマイクの増幅器の方で特性を変えることが充分可能である点で有用である。また写真4及び図7で示す面体用マイクは直接、面体に取りられる型状をもち完成度の高い製品である。内部のマイクは安価なダイナミック型マイクであり面体内部の気密を保つためマイクの正面にゴムのダイヤグラムが設けてあり低音域の騒音や呼吸音を拾わない構造となっている。さらにマイクを呼吸の水分等から保護する役目も果たしており、外部ケースは面体ゴム部分に取付けできるように、ねじが切ってある。以上のようにこの2つのマイクを面体用マイクの試作品に応用する。

5. マイクの取付け位置

空気呼吸器の面体により外部へ伝わる音声の周波数特性は図2で示されるように高域になるにつ

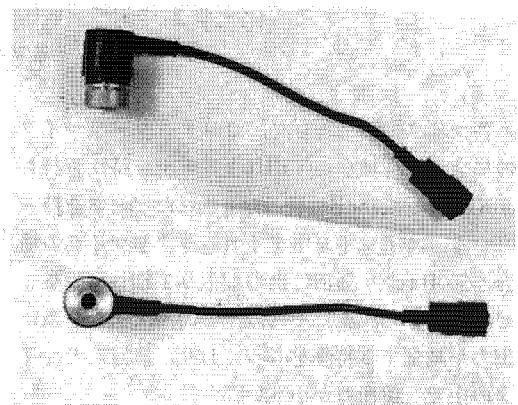


写真4 面体用マイク

れ減衰している。これはマスクのゴム材料と顔面により高音が吸収・遮へいされるためと思われる。

面体内部へのマイクの取付けにより生ずる音響的な問題は第1に音源とマイクの位置が極端に近い場合、中低音域の音が空間で減衰せずに直接收音されるため、こもった音となりやすい。第2に呼吸に伴う吸気音、呼気音などの雑音が問題となる。第3に現場で活動するため面体が他の物と接

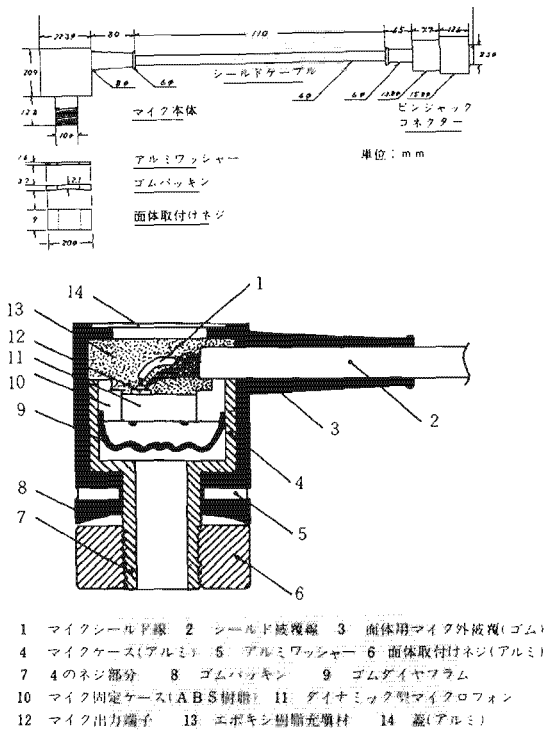


図7 面体マイク

触し生ずる雑音をマイクが拾いやすい。これらの問題のうち、マイクの位置をかえることにより解決されると思われるのは第1と第2の問題であるが、第2については実際に人間が着装した実験が必要となり今回の報告では見合わせた。マイクの指向性を考慮すれば、若干の改善は計れ、また振動系の前にウインドスクリーンと呼ばれるスポンジ状物質により直接の呼気を分散させることにより呼気音の軽減が考えられる。第1の問題点について面体のどの位置に取りつけた場合が有効であるかについて測定した結果が図8である。

マイクはダイナミック型を用い、面体の隔障内の3点に位置をかえ発振器の出力を一定にし音響用人頭の音源から出た音についてマイクの出力をdBvで表わした。面体中央とは隔障内の人間の頭の前端に位置し、アイピースと隔障の接触位置を言い、伝声板とは面体の伝声装置の内側を言う。また側面とは顔のほおにあたる部分で口元の左側を言う。また面体をつけない場合を比較として同時に測定したが、いずれも音源より6 cmの位置にある。

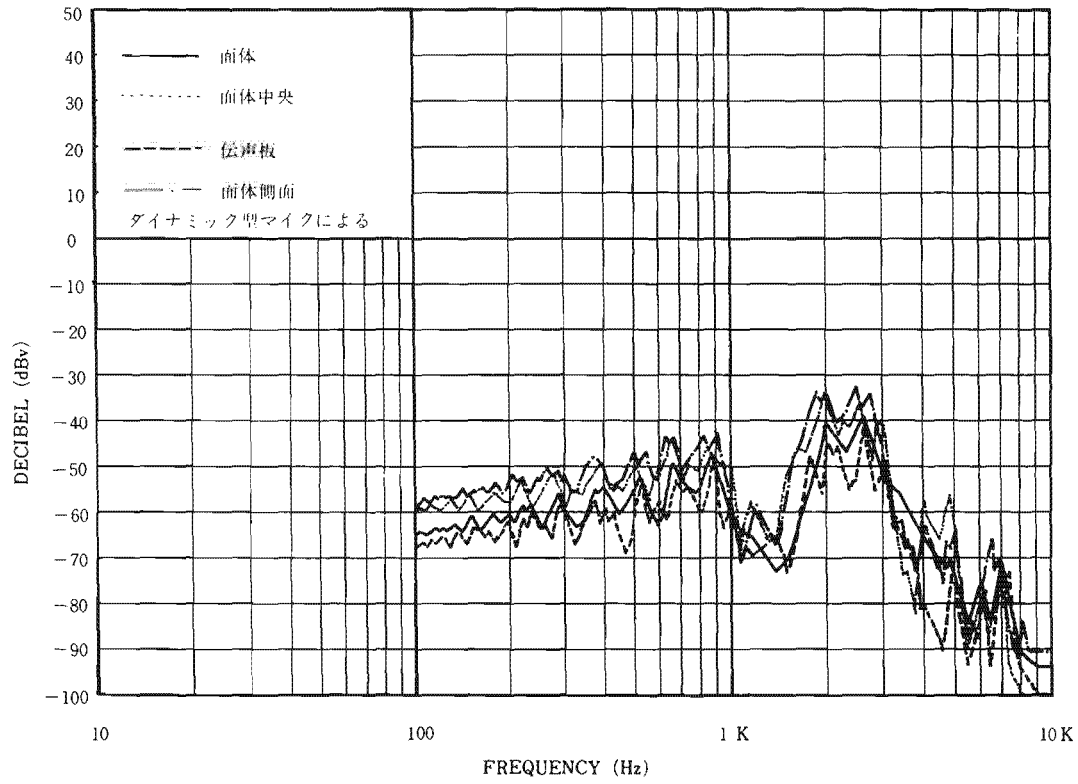


図8 マイク位置による周波数特性

周波数特性には音源として用いているスピーカーの特性が表われているが面体をつけていない場合に比較して面体中央と側面にとりつけたマイクの出力は5 dB以上高く、同一出力の場合では2.5 KHzのピークの幅が広くマイクで拾う音域が広がっている。

また同じ測定をエレクトレットコンデンサー型マイクで行なった結果、図9で示すように面体を

つけて側面で測った場合、マスクなしの場合に比較して約10dB、出力が高く100Hzから3.5KHzまで、ほぼ平均な出力が得られた。

これらの結果をまとめると、マイクの位置は音はエレクトレットコンデンサー型マイク及びダイナミック型マイクのいずれもマイクの側面に取っけた方が出力が高く中・低音域での特性の向上がみられ、広い周波数域の再生が可能である。

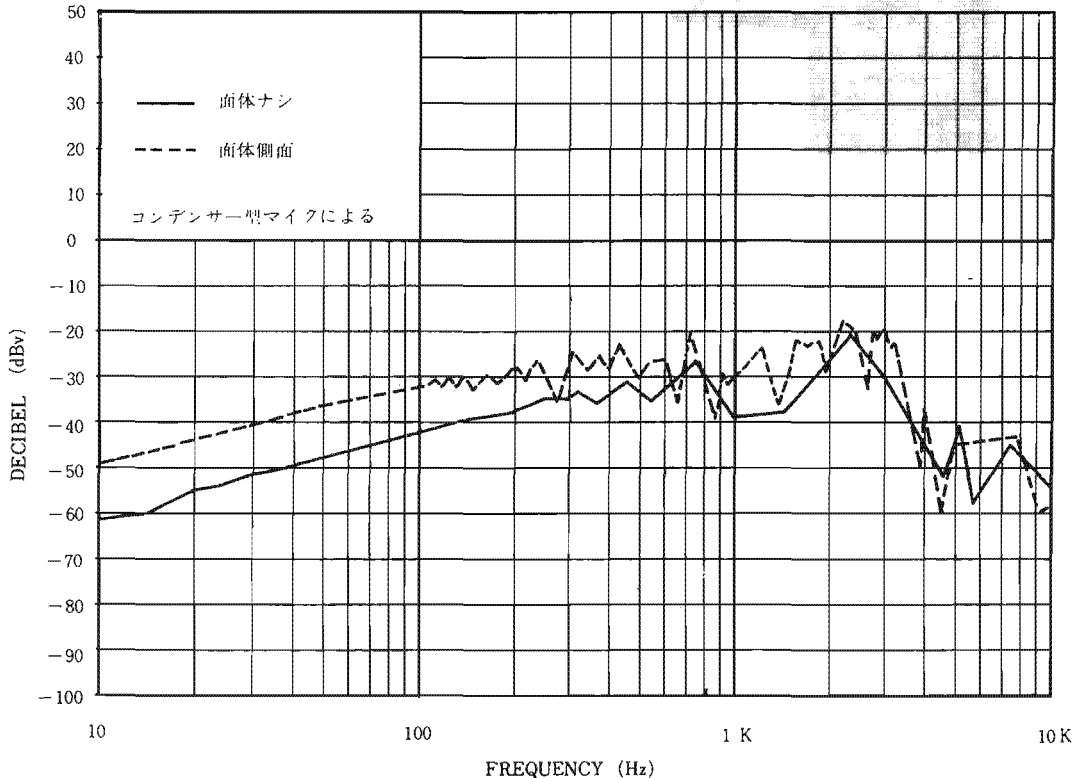


図9 面体による周波数特性

6. 携帯無線機の面体用マイクの試作

(1) 有線式面体用マイクの概要

写真5で示すようにマイクと携帯無線機用のコネクターからなり、また携帯無線機のスピーカーマイクに若干の配線の変更を行なった。配線の変更は図10に示す。使用方法は、スピーカーマイク下部にあるコネクターにマイクからのコネクターを接続する。

従来どおりの携帯無線機の使用法と異なるのは、面体装着時には、スピーカーマイクのコネク

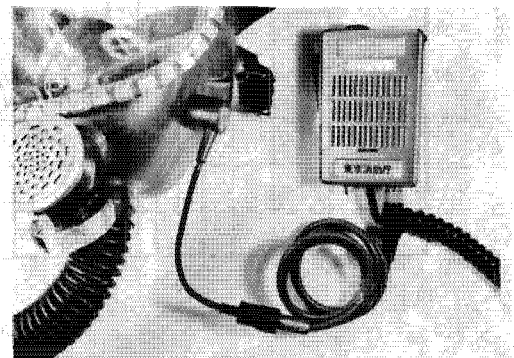
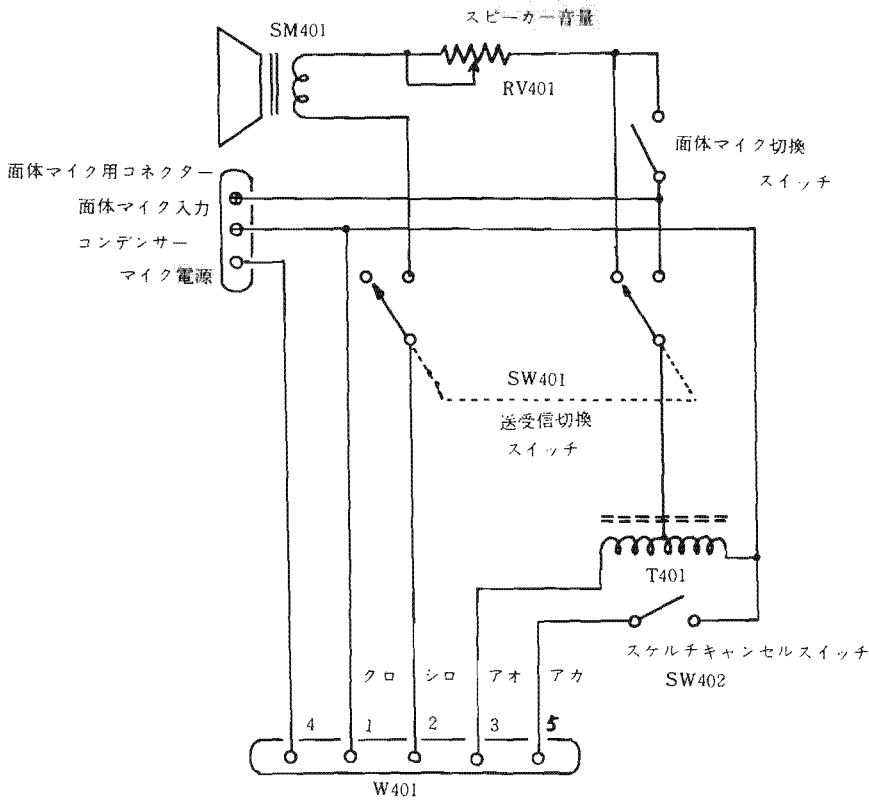


写真5 有線式面体マイク



NEC FR500-5P 本体接続コネクタ

図10 有線方式による面体用マイクの配線用

ターのそばにあるスイッチを切換え、従来通りにスピーカーマイクの送受話切換えスイッチを押し送話する。受信は胸にとりつけたスピーカーマイクから音声が出るので特にイヤフォンの使用は不要である。マイクは、出力の大きいエレクトレットコンデンサー型マイクを用いており明瞭度の高い送信が可能である。

消防活動の際には面体から出ているコードが携帯無線機につながっているのは支障があると考えられる。面体の吸気管（蛇管）内部にコードを入れ圧力調整器とのコネクタに接点を設け可動部分では配線を空気呼吸器の吸気管にかくことで、コードが活動の支障をきたすことがなくなる。過去に同様な配線を吸気管内部に取り付けコネクタに接点を設けたことがあるがコードの断線や接点の不良による故障が多く修理が大変であるというメーカー側の意見もある。

(2) 無線方式による面体マイクの試作

有線方式の問題を解決するために、現在使用している拡声装置の音声増幅回路のかわり



写真6 有線式面体マイク

にFM送信回路を入れ携帯無線機にFM受信回路をスピーカーマイクと本体の中間に入れ、面体装着時の音声を面体と携帯無線機の間を電波で送り、活動時のコードによる支障をとりのぞく事を目的として無線方式による面体用送信マイクと受信装置を試作した。写真6で示すように外観は拡声装置と同じで30cmの

アンテナ線が本体よりのびている他は区別がつかない。回路は図11に示す。電池は拡声装置の2.5V Ni-Cd充電電池を用いており、充電可能である。マイクは拡声装置に使われていたエレクトレットコンデンサー型マイクを使用している。マイクの位置は伝声板内側であるが、極めて口元に近い。出力は約4mWで、76~90MHzのFMラジオで受信可能な周波数である。これは、メンテナンスが容易であることを考慮したためである。周波数は本体内部のコイルのフェライトコアをドライバーで調整するプリセット式であり受信側で微調整を行なえるが、外部から調整できないようにしてある。使用法は、拡声装置と同様にケース外側のリングをまわすことにより電源が入る形式で、電源投入後、常時FM波を送信している状態となる。

次にFM受信部について外観及び回路図を写真7及び図12に示す。

受信部は携帯無線機のスピーカーマイクと

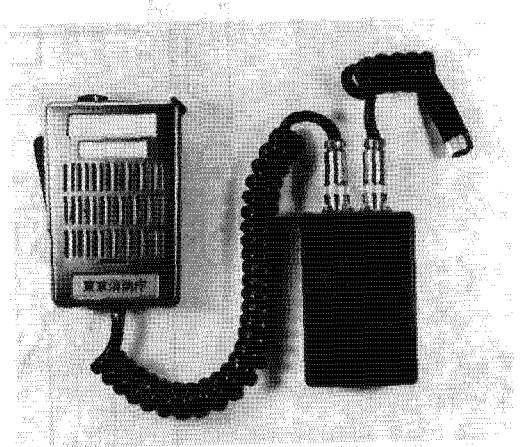


写真7 無線式受信部

無線機本体の間に入る形式で改良の余地は充分にあるが基本的な形である。受信回路の電源は本体の電池(12.7V)によるため、本体の電源スイッチの投入により作動する。本回路の周波数同調(チューニング)は従来のFMラジオのようにバリアブルコンデンサーによらず電圧により同調周波数を定めるため、

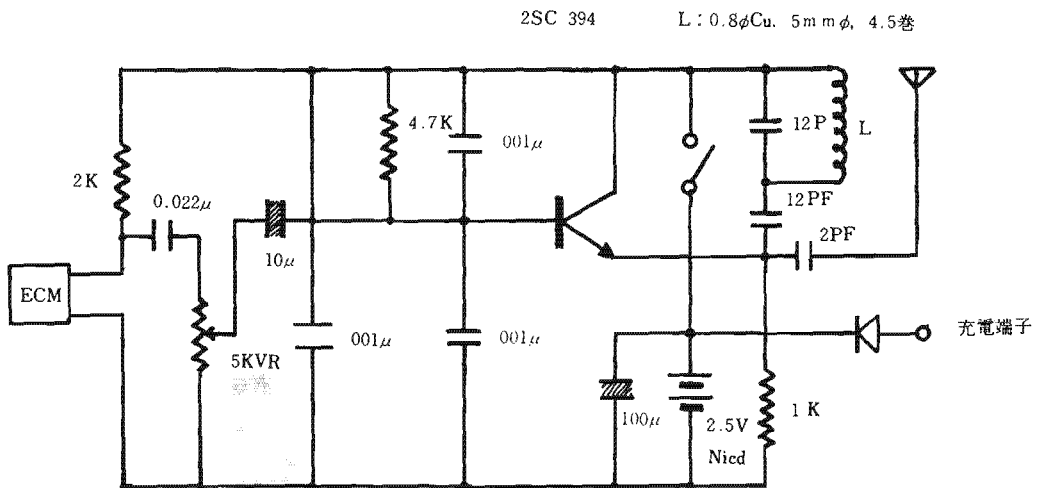


図11 面体用FMワイヤレスマイク回路図

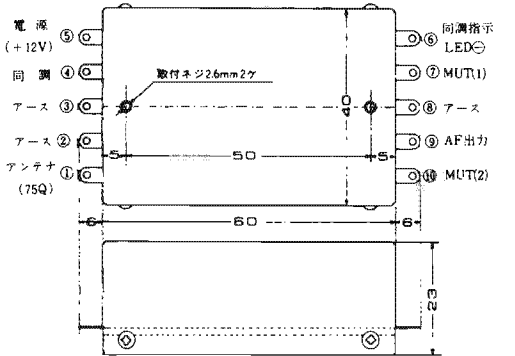
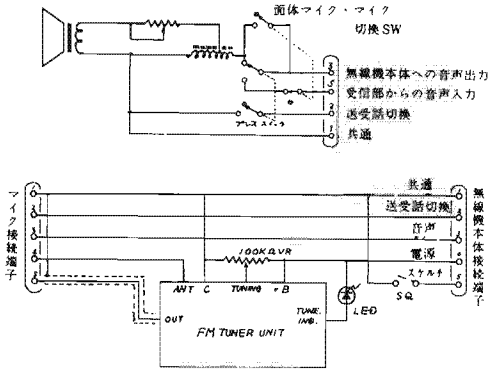


図12 面体用FMワイヤレスマイク回路図

コンパクトになっている。また、アンテナは、スピーカーマイクのコードの1線を使っている。同調は受信部裏面の穴の中に半固定抵抗があり、マイナスインドライバー等で調整するプリセット式である。また、同調すると受信部表面のインジケーターが赤色に点灯するようになっている。送信については有線方式と同様に行う。FM受信部の性能については表2に示す。

(3) イヤーマイクによる送受信装置

本装置は前述のとおり昭和54年度の東京消防庁消防科学研究所報に報告した通りであり、イヤホン部分が市販されるに至りその活用の検討が必要と思われ、イヤーマイクのイヤホン部分を写真8に示す。市販品はイヤホン部分に圧電マイクが入っており、音声は人間の頭がい骨を伝わった振動をひろう形式のもので、外部の騒音を拾うことが少ないという利点がある反面、骨伝導により伝わる音声は、イヤホンの耳への装着の程度により大幅

表2. (規格・性能)

項目	規格・性能	項目	規格・性能
受信周波数	76~90MHz	I/F妨害比	80dB以上
アンテナインピーダンス	75Ω不平衡	帯域巾	(1F) 200kHz以上
出力インピーダンス	200kΩ	電源電圧	12V(一極地)
実用感度	3μV以内	同調電圧	4~12V
イメージ妨害比	35dB以上	消費電流	25mA以内
使用半導体	TA136, 2SC76, 2SC35, 2SC69, 2SC186, 2SC185, 74C11		

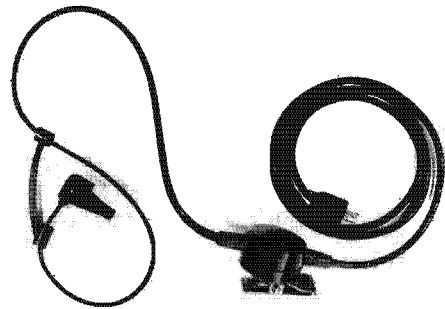
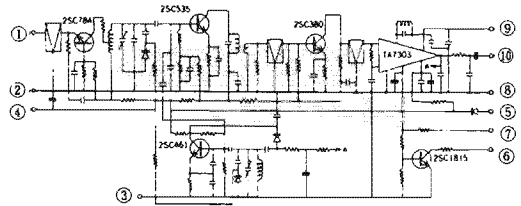


写真8 骨伝導マイクロフォン

に変化し外耳道の圧迫感が今後の問題となる。また東京電力中央研究所での調査によれば、空気呼吸器装着時の通話方法としてイヤーマイクは他の方法より使用者に苦痛、不快感を与えるという報告もある。さらに、イヤーマイクは出力電圧が非常に微小電圧でありマイク用の増幅度の高いプリアンプが必要であるが、周囲の騒音を拾わないという大きな利点があるので今後充分検討する必要がある。

7. ま と め

- (1) 空気呼吸器の面体内部で使用するためのマイクは、面体内部での至近距離での收音による必要性にせまられるため、音響的に低域をおさえ500Hzから3000Hzまでをくせなく收音できるものが必要である。
- (2) エレクトレットコンデンサーマイクはトランジスターを内蔵しているため電源が必要であるが、特性が平坦でくせない收音ができ、明瞭度を増すため増幅器で処理でき低音域の出力をおさえられる。また出力も他のマイクに比較して大きく扱いやすい。
- (3) 面体でのマイクの位置は口元側面が、音響的に有効である。
- (4) 試作した面体用マイクは充分実用になるが細部の検討と現場での使用及び明瞭度についての検討が必要である。

8. お わ り に

騒音中での音声を80%の正確さで聞きとるためには騒音レベルに対し40dBの音圧差の大きな音声でないといけないといわれている。明瞭度の試験方法として日本語の50音表の書き取り試験があるので第二報ではこれらの試作品をさらに改良した装置について試験を行う予定である。

無線方式では送・受信部の能力や複数の送受信部でのそれぞれの分離度及び送信周波数の安定性について検討し現場で活用可能な装置として完成させたい。また試作品の送受話切替について現在のアマチュア無線用トランシーバーで多用されているボイスオペレーション（音声が入るとスイッチが入る）方式による自動送受信回路の付加について検討する予定である。