

耳栓型送受話装置の試作及び試験結果について

鳥 井 四 郎*
 小 林 英 明*
 河 合 道 夫*

1. はじめに

近年、消防活動時における命令及び情報伝達等の手段として携帯無線機の活用は都市災害の複雑化、広域化とともにその重要性が著るしく増しているのが現状である。しかし、現在の5P、或いは6P型携帯無線機は必ず片手を使用してスピーカマイクのプレストークボタンを押さなければ送信できず、検索及び救助行動時の無線交信は隊員にとって、非常に困難であり、場合によっては必要な情報の伝達時機を失することもある。このようなことから、本研究では手を全く使用せずに無線交信が可能な耳栓型送受話装置（以下EM装置と呼ぶ）を試作したので、その概要と性能試験の結果について報告する。

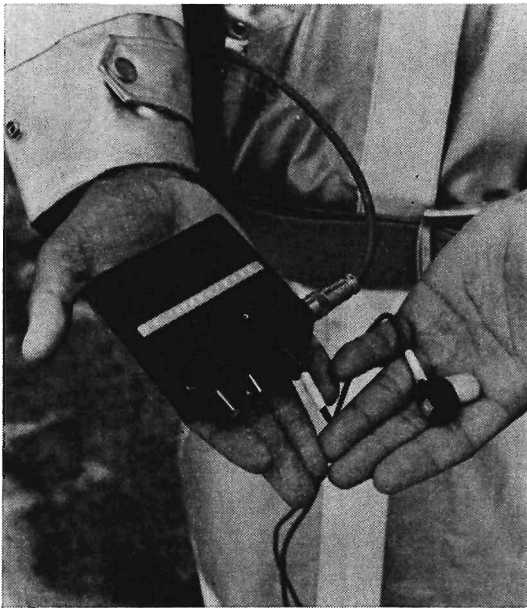


写真-1

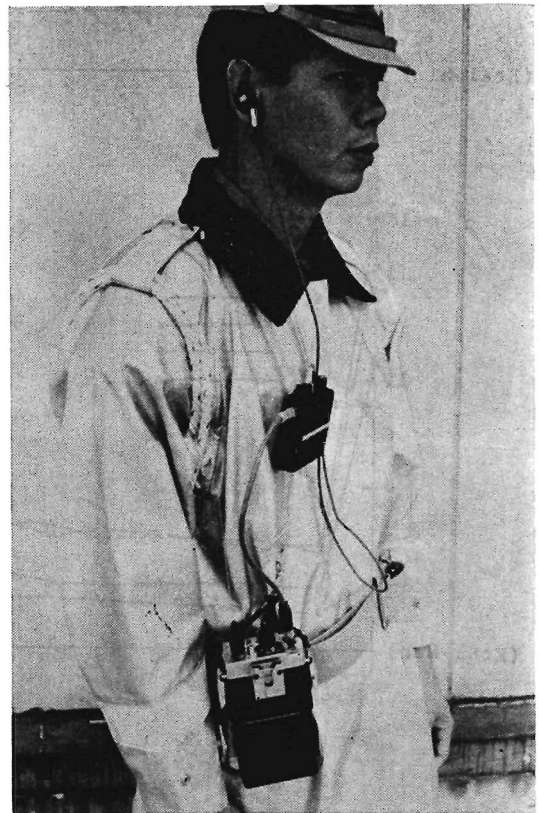


写真-2

2. EM装置の概要

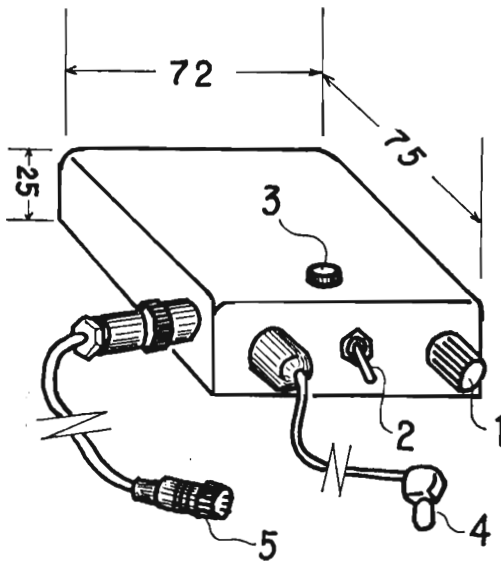
EM装置は写真-1に示すように、イヤホン部と送受話切換部から構成されており、写真-2のように従来の5Pあるいは6P型携帯無線機（以下SMTと呼ぶ）のスピーカマイク部のコネクターを取り外してセットし、左右どちらかの耳孔内にイヤホンを挿入することにより送受話を可能としている。このようにEM装置とSMTをセットしたものをEMTと呼称す

* 第一研究室

る。

また、送受話の切換はイヤホンを耳孔内に挿入した状態で軽く歯を噛み合わせて簡単に行うことができる。これは歯を噛み合わせることによって生ずる「衝激音」を切換信号としてイヤホンでとらえ、送受話の切換をおこなうもので、受話から送話状態および送話から受話状態にする際、必ず歯を噛み合わせて切換する必要がある。また送話の可能な状態は表示ランプにより視認できる。

図-1はEM装置の外観図である。図中、1は送受話切換のための感度調整をするもので歯の噛み合わせ音の強弱によってセットすることができる。2は連続して長時間送話をしたい場合の送話用手動切換スイッチである。3は送話状態を示す表示灯で受話状態の場合、表示灯は点灯しない。4はイヤホンで耳孔内へ挿入する部分に脱着防止および遮音用として特殊加工した発泡ウレタンが取り付けられているため、かなり過激な活動をしていてもイヤホンの脱着が防止できる。5は携帯無線機本体に接続するコネクターである。重量はイヤホン部を含めて270gで5P型携帯無線機



- 1 切換感度調整ツマミ
- 2 送話用手動切換スイッチ
- 3 表示灯
- 4 イヤホン
- 5 コネクター

図-1 外観図

にセットした場合1,280gとなり従来のSMTに較べ約3%重量が増加する。

(1) ブロック図

図-2はEM装置のブロック図で各部の作用は下記のおとりである。

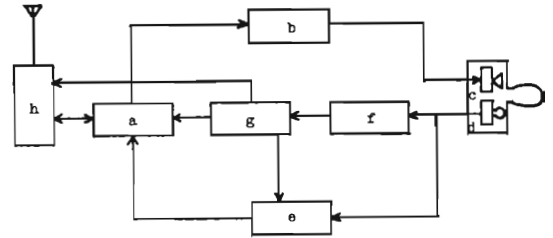


図-2 耳栓型送受話装置のブロック図

a 送受切換リレー

SMTは送受話を一つのスピーカマイクユニットでおこなっているため、本方式の場合は送受話時においてそれぞれの回路を切換える必要がある。

この送受話切換リレーはブロック図の送受話切換回路により電子的にスイッチングされる。

b 減衰器

SMTの受話出力が受話用ユニット(c)の必要とする音量を得るための入力として非常に大であるため出力の減衰を目的としている。

c 受話用ユニット

イヤホンの中に含まれている受話専用のユニットでスピーカerの役割を果している。

d 送話用ユニット

イヤホンの中に含まれている送話専用のユニットでマイクロフォンの役割を果している。

e プリアンプ

送話時に送話用ユニット(d)で受けた音声信号を一定のレベルに増幅する回路である。

f LPF (ローパスフィルター)

受話出力による切換誤動作を防止する目的で設けたものである。

g 送受話切換回路

送話用ユニット(d)で受けた切換信号(歯の噛み合わせ音)によってプリアンプ(e)の電源、送受話切換リレー(a)及び携帯無線機(h)の送受話をコントロールするための信号を発生させる回路である。

h 携帯無線機

5Pあるいは6P型携帯無線機

(2) 回路動作説明

まず、受信時では携帯無線機(h)の出力は送受話切換リレー(a)を通り、減衰器(b)に送られ減衰した電気信号はイヤホンに内蔵された受話用ユニット(c)に送られ音声出力として受話者に聞こえる。

この場合、この音声出力によって送話用ユニット(d)に信号が発生するが、送受話各ユニット(c)、(d)のカットオフ周波数以上であるためLPF(f)で減衰され送受話切換回路(g)を動作させることはない。

次に送信時では送信するため歯の噛み合わせをおこなうことにより送話ユニット(d)に信号が発生する。この信号は一般に低周波数(200~300Hz以下)であり、この周波数以下を通過させるLPF(f)を通り送受話切換回路(g)に送られる。

このときLPF(f)による減衰がないので送受話切換回路(g)が受話から送話に切換える信号を出し送受話切換りレー(a)および携帯無線(h)が送話側に切換えられる。またプリアンプ(e)には電源が供給される。送話を始めると送話用ユニットに発生した信号はプリアンプ(e)で増幅され送受話切換りレー(a)を通り携帯無線機に送られ送話が可能となる。以下、送話から受話への動作は同様におこなわれるので省略する。

(3) 特徴

- ア. 単一のイヤホンで送受話が可能である。
- イ. 送受話の切換は歯の噛み合わせによって発生する衝激音により容易にでき、従来のSMTのようにプレストークボタンを押さなくとも送受話ができ、したがって両手の自由に使える。
- ウ. 激しい騒音中でも明確に情報伝達ができる。
- エ. 火災現場等で周囲の関係者以外の者に傍受されては不適当な情報も当事者同士で確実に交信ができる。

3. 性能試験

性能試験は下記の項目について実施した。

(1) 送受話切換性

火災現場等での消防活動は精神的にも肉体的にも極度に緊張しているため、携帯無線機の送受話切換操作は容易に、かつ、確実にできなければならない。EMTは歯の噛み合わせによって送受話の切換をおこなうため、完全な切換性能が要求される。

そこで被験者(12名)それぞれにイヤホンを耳孔内に挿入させ歯の噛み合わせ音による送受話切換操作を実施し、その切換率を百分率で表わし、性能を確認した。

(2) 明瞭度

東京消防庁消防無線用語例から抜粋した通信文をSMT及びEMTで送信し、静寂な場所(周囲騒音40~50dB)で同様にSMTおよびEMTで受信し、その明瞭度を東京消防通信規程実施要綱の「通話感度および明瞭度を表わす用語」に基づき試験した。

【参考】「通話感度および明瞭度を表わす用語」
 メリット1 雑音中かすかに通話らしいものが

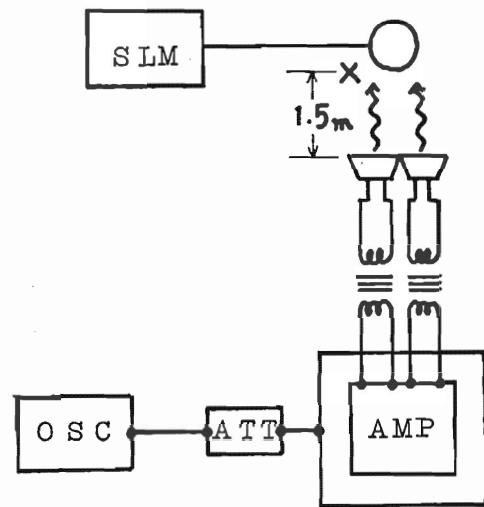
聞こえる程度

- メリット2 雑音が多く話もゆがんで何回も繰り返して話を通じる程度
- メリット3 雑音、ひずみは多少あるが割合容易に通話ができる。
- メリット4 雑音は多少残るが十分明快な通話ができる。
- メリット5 雑音が全くなく非常に明快に通話ができる。

(3) 騒音中における了解度

(ア) 騒音中で受信した場合

騒音中における受信障害を把握するため、消防活動環境を想定した300Hz(車両のエンジン音の主成分)、700Hz(サイレン音の主成分)、1,100Hz(電子警鐘の主成分)の周波数を騒音として発生させ(図-3を参照)、1.5m離れた位置での音量を90dBに保ち、その状態でSMT及びEMTにより静寂な場所(周囲騒音40~50dB)から送信された通信文を受信し、騒音中における受信障害を把握した。



× 被験者

- S L M 指示騒音計
- O S C 発振器
- A T T 減衰器
- A M P 増幅器

図-3 騒音中における了解度測定方法

(イ) 騒音中で送信した場合

前記(ア)と同様に各種騒音を発生させ、その中で送信し、静寂な場所(周囲騒音40~50dB)でSMT及びEMTで受信し、送信障害を把握した。

4. 性能試験結果および考察

(1) 送受話切換性

被験者12名に対して、おこなった試験結果は表-1のとおりである。この結果からも判るように事前の経験回数が多い被験者ほど良好な結果が得られている。

表-1 送受切換性試験結果

被験者	切換性能	切換率		備考
		1) 平均切換回数	2) 切換率 %	
経験大	A	1.0	100	過去に歯の噛み合わせによる切換試験を10回以上、経験したことがある。
	B	1.0	100	
	C	1.0	100	
	D	1.0	100	
経験中	E	1.0	100	上記と同様に過去に5~10回程度の経験がある。
	F	1.0	100	
経験無し	G	1.2	85	今回の試験が始めての経験である。
	H	1.8	65	
	I	1.3	75	
	J	1.1	90	
	K	1.8	63	
	L	1.4	70	

1) 受話状態から送話状態に、また送話状態から受話状態へ切換える際の歯の噛み合わせ平均回数をいう。

2) 1回の歯の噛み合わせで送受話の切換可能な率

EMTは衝激音の周波数成分を300Hz以下で送受話の切換ができるように設定してあるが、切換が不安定な被験者の場合には、衝激音の周波数成分が300Hz以上であると推察される。

このようなことから切換のため衝激音を安定して発生させるためには歯の噛み合わせ方法に若干の訓練が必要である。また、耳孔内へのイヤホンの確実な挿入も切換率を上昇させるための要因として挙げられる。

(2) 明瞭度

試験結果は表-2のとおりである。

この表からも判るように送信側にSMTを使用した場合、受信側がSMTあるいはEMTでも明瞭度には特に大きな差はないが、送信側にEMTを使用した場合には明瞭度が若干低下している。このことはEMTは声帯で発せられた音声が骨伝導を経て、外耳道内に伝播し、外耳道内に挿入されたイヤホンで電気信号に変換されるため通常の周波数伝達特性がフラットではなく、低域になるに従って、上昇する傾向にある。

表-2 明瞭度試験結果

無線機	明瞭度	明瞭度									
		メリッ	メリッ	メリッ	メリッ	メリッ					
送信側	受信側	ト	5	ト	4	ト	3	ト	2	ト	1
1) SMT	SMT	63.9%	27.8%	8.3%	—	—	—	—	—	—	—
	SMT	EMT	63.9	36.1	—	—	—	—	—	—	—
2) EMT	SMT	—	38.9	47.2	13.9%	—	—	—	—	—	—
	EMT	EMT	—	16.6	75.0	8.4	—	—	—	—	—

1) SMT……スピーカマイク型5P携帯無線機

2) EMT……耳栓型送受話装置付携帯無線機

そのため音質的には「こもった」音になってしまう。このような現象を抑制するためには逆に低域を減衰させるフィルターあるいはマイク自体に同様な周波数特性を持たせる必要がある。しかしながら骨伝導による周波数の低域上昇には個人差があり一定ではなく、完全に補正することは不可能である。しかし「情報の伝達」の目的は、伝達内容の了解度が最も重要な点であるので、多少の明瞭度の低下は実用上の問題としては、さほど影響はないものと思われる。

(3) 騒音中における了解度

(ア) 騒音中で受信した場合

各騒音中で試験した結果は表-3に示してあるが、ここではSMTのスピーカマイクを現場で防火衣を着装した場合を想定して左胸上部にセットし、受信した。

この表からも判るように周波数が低域（車両のエンジン音の周波数主成分に該当）ほどSMT、EMTの受信に対する障害が大である。

また、昭和52年12月に港区港南五丁目3番地先路上で実施されたポンプ車等のサイレン音量分布実験ではサイレン吹鳴時のポンプ車（エンジン回転数1,000~1,500rpm）内の音量は後部座席中央で最高95~110dBという高い音量が観測された。このようなことから、実際の災害出場時には騒音の周波数成分も複雑になり、かつ心理的にも可成、緊張しているため車両内でSMTによる受信は困難ではないかと思われる。これに対し、EMTでは各騒音において84~92%の被験者が了解度3以上であると解答していることから、騒音中での受信では、SMTよりEMTの方が適しているものと思われる。

(イ) 騒音中で送信した場合

各騒音中で試験した結果は表-4のとおりである。ここでは前記(ア)とは逆に、周波数が高域ほど送信障害が大であった。またEMTよりSMTで送信した方が若干障害が少なく、良好な送信が可

表-3 騒音中で受信した場合の了解度

		騒音条件		300Hz		700Hz		1,100Hz	
		受信側		SMT	EMT	SMT	EMT	SMT	EMT
送信側	了解度 1)								
		SMT 2)	1	33%	0%	0%	8%	0%	0%
2	67		42	50	25	25	25		
3	0		16	17	42	50	58		
4	0		42	33	25	25	8		
5	0		0	0	8	0	9		
EMT 3)	1	18	0	0	8	0	8		
	2	16	8	34	0	18	0		
	3	25	34	33	50	16	25		
	4	33	50	25	33	58	58		
	5	8	8	8	9	8	9		

- 1) 了解度
1. 雑音で全く聞きとれない。
 2. 雑音で聞きずらいが多少聞きとれる。
 3. 雑音で聞きずらいが内容はよく聞きとれ理解できる。
 4. 雑音にもかかわらず、かなりよく聞きとれる。
 5. 雑音にもかかわらず極めてよく聞きとれる。
- 2) スピーカマイク型5P携帯無線機
 3) 耳栓型送受話装置付携帯無線機

表-4 騒音中で送信した場合の了解度

		騒音条件		300Hz		700Hz		1,100Hz	
		送信側		SMT	EMT	SMT	EMT	SMT	EMT
受信側	了解度 1)								
		SMT	1	0%	0%	0%	25%	0%	16%
2	0		34	34	42	34	42		
3	17		24	58	25	50	34		
4	66		34	0	8	8	8		
5	17		8	8	0	8	0		
EMT	1	0	0	0	24	0	25		
	2	0	25	17	42	25	67		
	3	34	50	58	34	67	8		
	4	50	25	17	0	0	0		
	5	16	0	8	0	8	0		

- 1) 了解度……
1. 雑音があり、不明瞭で聞きとれない。
 2. 雑音があり聞きずらいが理解できる。
 3. 雑音があるが言葉は明瞭に聞きとれる。
 4. 雑音が少なく言葉は明瞭に聞きとれる。
 5. 雑音を全く感じないので極めて明瞭に聞きとれる。

能である。

このことはEMTの音声出力がSMTに較べかなり小さく、その上ノイズの成分は両者とも同じであるためEMTで受信した場合、ノイズの成分が幾分、大きく聞こえてしまい結果的に了解度が低下してしまうためと思われる。

5. おわりに

今回の実験ではEMTの基礎的な性能試験を通じ一応の成果が得られたが、明瞭度及び騒音中での送信に若干の問題が抽出された。しかしながら従来のSMTに較べ、手を全く使用せずに送受話が可能であり、消防活動中でも適時、送信ができるという最大のメリットが、人命検索、救助、放水活動の無線体系としては極めて有用であると思われるので、今度はより実戦的な試験を実施していくつもりである。