

面体装着時の無線音声を明瞭にするマイクロフォンの改良について

京都市消防局（京都） 松永 幸雄
高村 隆介

1 はじめに

携帯無線機は災害現場活動時において、情報伝達手段として必要不可欠な装備資器材である。しかしながら、火災現場での濃煙内の活動、酸欠現場等での活動などにおいて空気呼吸器の面体装着時には面体を介することとなるため、周囲の雑音が入ったり、呼吸音が入ったりして非常に聞きづらいという問題がある。また、面体装着時は極端に音圧（d b）が低下するため、大声で発声する必要がある、それが円滑な活動を阻害する要因にもつながる恐れがある。

そこで今回の研究では、携帯無線機のハンドセット（マイクロフォン）に簡易な改良を加えることにより、面体装着時における無線音声の明瞭化を図り、災害現場での無線通信の確実性を向上させることを目的としたものである。

2 音声明瞭化の方策

マイクロフォンの機能は、発声による空気の振動を受け電気信号に変換するもので、通常は喉頭から直接空気振動を受けることができる。（図1）

しかし、面体装着時は喉頭とマイクロフォンの間に、空気よりもかなり高密度な物質で作られた面体のシールド面が介在することとなる。これは、喉頭から発せられた音声振動がいったん面体シールドを振動させ、その振動が外部の空気を振動させて生じた振動をキャッチするという、エネルギー伝達から見れば大変非効率な状況である。さらに面体なしの場合と比較すれば、喉頭からマイクロフォンの距離も大きくなっている。したがって、振動エネルギーの損失

が生じてマイクロフォンに到達する音圧が極端に落ち、明瞭度を損なうのであると考えられる。(図2)

そこで、面体の振動をできるだけロスなくマイクロフォンに届けることができれば、より明確に音声を捉えることができるのではないかと考えた。

3 試案の具体化

まずハンドセットを直接面体のシールド面に当て実験を行ったところ、通常の使用法に比べ良好な結果が得られた。しかし反面、ハンドセットと面体のシールド面との摩擦音や衝突音が生じたり、直接面体のシールド面に当てるためシールド面に傷をつける恐れが生じるなどの問題点が考えられた。そこで、次に述べる試作品を考案した。

4 試作品の概要

- (1) 面体シールド面の保護、また集音効果を高め、できる限り通常使用時においても利便性を欠くことのないものとするため、できる限りシンプルなデザインとした。
- (2) 素材として安価で加工のしやすい、排水管用の塩化ビニールパイプを使用(以下「カバー」という。)し、面体シールド面に密着させる部分に密着と保護を考え、市販のゴム製Oリングを装着(以下「保護リング」という。)した。
- (3) サイズは現在使用しているハンドセットの大きさに合わせて直径40mm、使用の際、障害にならない程度の高さの10mmとし、表面には面体シールド面に密着するよう曲面をつける加工を施した。(図3)

5 試作品の検証

試作品を取り付けた携帯無線機と従来型のハンドセットを取り付けた携帯無線機を使用して消防車両の移動局との通信を行い、受信

側の移動局のスピーカーから I C レコーダーで録音し、比較検証した。

なお、周囲から雑音などのノイズによる影響をさけるためエンジンは作動させず、できるだけ静かな環境で検証を行った。(写真 1、2、3)

6 試作品の音声の聞き取りによる検証結果

- (1) 録音を聴いて検証した結果、文章では表現しづらいが、従来型と比較して大きな改善効果があった。その効果は、実験に参加した者はもちろん、録音を聴いた全員が一瞬で理解できるほどで「劇的」なものであった。
- (2) 保護リングにゴムの O リングを使用し、材質による振動吸収性による音圧の低下が懸念されたが、音圧の低下は認められなかった。むしろ、密着度の向上によって、明瞭度の向上に貢献しているように感じられた。
- (3) 面体シールドの振動による音声を捉えるため、送信する側が大声を出さなくても明確に聞き取ることができるようになった。
- (4) ハンドセットに付属したカバー及び保護リングの効果により、周囲からの雑音が少なくなった。
- (5) 面体シールドに密着させて使用する場合、受信時の明瞭度も向上した。
- (6) 面体装着時以外の通常使用時においても、違和感なく使用でき、実用上、何の問題も生じない。

7 音声波形分析による比較検証

- (1) 聴覚による検証だけではなく、音声波形分析によるデータ分析を行い、検証を行った。
- (2) 音声波形分析には、サウンドスペクトグラム（信号に含まれる周波数の成分比を抽出する。）を使用し、さらにフォルマント周波数を分析し、検証することとした。

- (3) フォルマントとは、言葉を発している人のサウンドスペクトグラムを分析すると得られる複数のピークの事で、周波数の低い順に第1フォルマント、第2フォルマントという数字を当てて呼び、母音の識別に非常に重要となっている。主要な音声フォルマント（主に500～3000Hz）を除去すると音声の識別ができなくなる。
- (4) 音声波形分析は、音声波形分析・編集ソフトウェア「AcousticCore8」を使用し、音声スペクトグラムと音圧（パワー）、フォルマント周波数の分析を行った。

8 音声波形分析による検証結果

- (1) 音圧については、試作品と従来型を比較検証するとピーク値に変化は認められないものの、平均値が増加した。（図4、5）
- (2) 音声フォルマント周波数を分析すると従来型は第2、第3フォルマントが拡散しており、試作品については第2、第3フォルマントが収束し、強く表示されていた。（図6、7）
- (3) この検証結果から、音声の聞き取り易さは音圧によるものではなくむしろ、面体に囲まれることに加えて空気よりかなり密度の大きい面体を振動させることにより音声のフォルマント周波数が拡散して、聞きづらくなることが判明した。
- (4) 検証により、試作品は音圧を向上させるとともに、フォルマント周波数を拡散させることなく有効に音声を伝えていたことが分かった。

9 まとめ

音声の明瞭化には骨伝導マイクなどの使用も考えられるが、装置が高価なうえ取扱いも煩雑になる。

今回の研究では、携帯無線機のハンドセットの簡易な形状変更を行うだけで面体装着時の無線交信の明瞭性を大きく向上することを実証できた。

面体着装時の災害現場活動は、人命の危険性が高い過酷な環境下で行われることが多く、そういった状況下における無線音声の明瞭化は、迅速な人命救助はもとより、隊員の安全確保を図るうえでも大きなアドバンテージとなると考える。

消防の無線は今後デジタル方式に移行されていくが、マイク、スピーカーなどの入出力装置は従来のもものが使用されることが多いと思われるため、本研究の結果をそのまま適用することができる。

今後は、形状、大きさによる性能の変化を調べるとともに、機能的なデザイン等をさらに検討し、消防用通信機器の標準的な装備品となるよう研究を行いたい。

出典：フリー百科事典「ウィキペディア」 フォルマント、スペクトグラム



図 1



図 2

※図中の青矢印の大きさは、音声の大小をイメージとして表している。

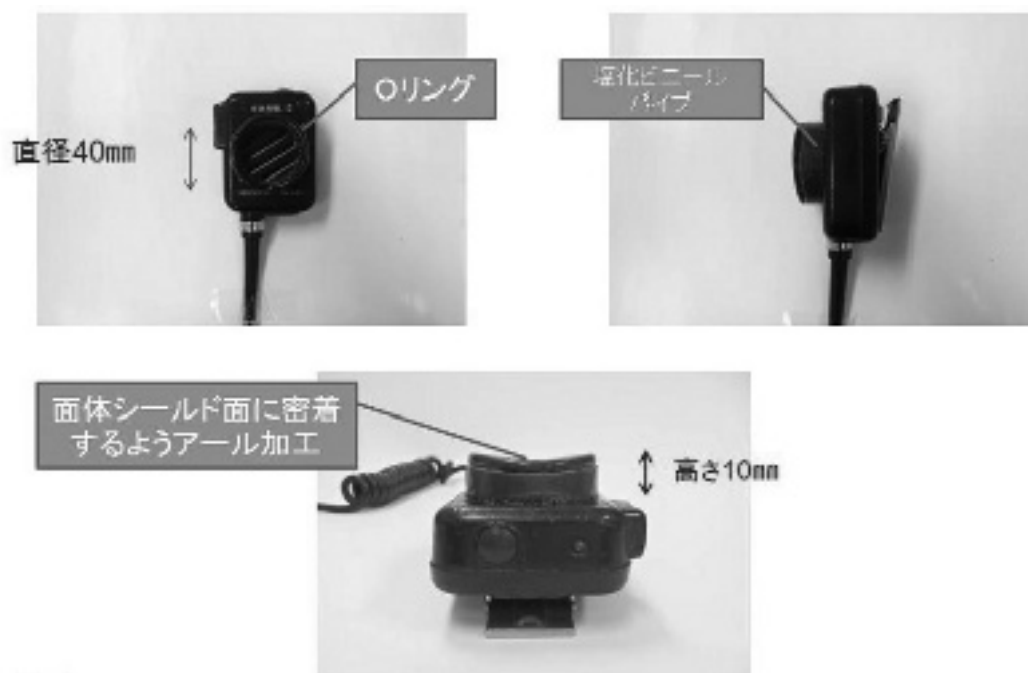


図 3



写真 1



写真 2

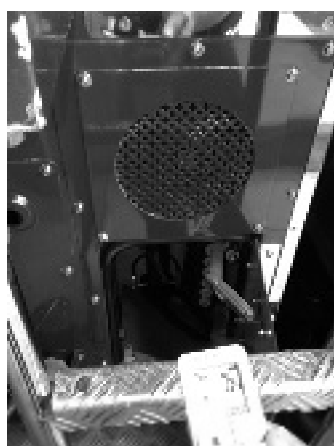


写真 3

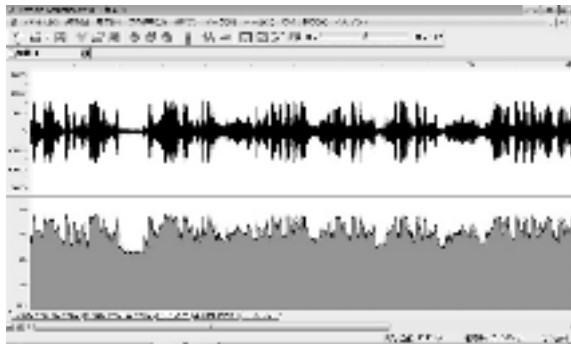


図 4 従来型パワー表示 (db)

パワーを表示
現行品はピークに
ばらつきがある。

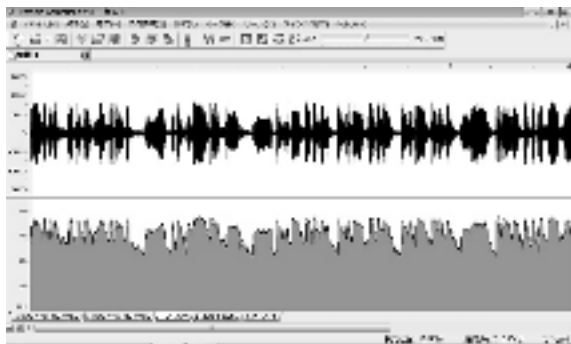


図 5 試作品パワー表示 (db)

パワーを表示
試作品はピークが
平均化している。

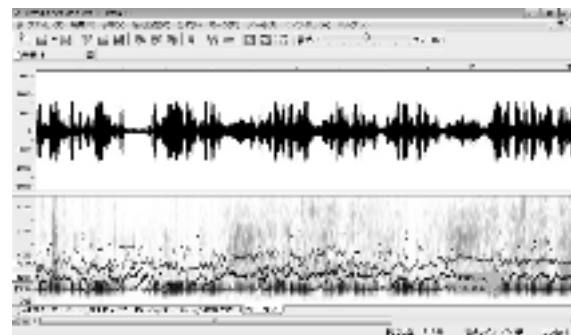


図 6 従来型スペクトグラム (フォルマント分析)

従来品は各フォルマントが
拡散している。

第3フォルマント (f 3)

第2フォルマント (f 2)

第1フォルマント (f 1)

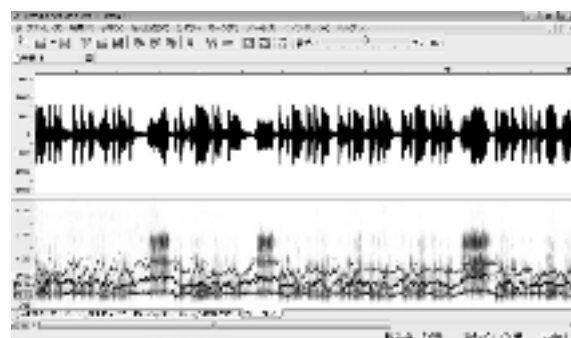


図 7 試作品スペクトグラム (フォルマント分析)

試作品は各フォルマントが
拡散することなく収束し、
強く表示されている。

第3フォルマント (f 3)

第2フォルマント (f 2)

第1フォルマント (f 1)