

医療用電動ファン付き呼吸用保護具の騒音問題の調査

服部 遊^{*1)} 神田 浩一^{*1)} 西沢 啓子^{*1)}大久保 富彦^{*2)} 石堂 均^{*3)} 阿保 友二郎^{*4)}

Investigation on noise problems of medical PAPR

Asobu Hattori^{*1)}, Koichi Kanda^{*1)}, Keiko Nishizawa^{*1)},
Tomihiko Ookubo^{*2)}, Hitoshi Ishido^{*3)}, Yujiro Abo^{*4)}

キーワード：電動ファン付き呼吸用保護具，PAPR，騒音分析，語音弁別能

Keywords：Powered air-purifying respirator,PAPR,Noise analysis,Speech discrimination score

1. はじめに

2009年に新型インフルエンザ(H1N1)が流行し、感染防止の対策方法が問題となった。特に医療従事者は感染リスクが高い現場で活動するため、安全かつ快適な保護具の開発が急務となっている。医療従事者を守る防護性の高い保護具として、電動ファン付き呼吸用保護具(Powered Air Purifying Respirator：以下PAPR)(図1)があり、強毒性や毒性が未知のインフルエンザ感染者と接触する際に使用されている。PAPRは環境からの飛沫などの粒子状物質を電動ファンとフィルタによって除去した安全な空気を着用者に送風する。防護性が高いだけでなく呼吸もしやすいため長時間の着用も可能である。しかし、フードにより音声障害されることに加えて電動ファンからの騒音が大きいため、着用者相互の会話や患者との会話が阻害されてしまう。また騒音により聴診器による聴診が困難であり、医療活動に支障をきたしている。そこで本研究では、低騒音かつ快適なコミュニケーションを可能とするPAPRの開発に取り組んでいる。騒音対策には様々な手法が存在するが、効果的な対策を行うために、既存の医療用PAPRの問題点を明確にする必要がある。本報告では騒音分析及び音声認識に関する調査を行った結果を報告する。



図1. 医療現場で使用されているPAPRと無響室での騒音及び音声測定の様子

2. 騒音及び音声認識に関する調査方法

既存のPAPRはファンユニットが大きな騒音を発生していることと、フードにより音声障害されていることが主な問題となっている。それらの問題点を定量的に評価するために、以下の測定を行った。

2.1 騒音の測定 PAPRの騒音源はファンユニットであり、大きな騒音を発生している。そのため、騒音源の対策が騒音低減に大きな効果が得られると考えられる。そこで、既存PAPRのファンユニットから発生する騒音の等価騒音レベルとFFTによる周波数分析を行った。測定点は次の2点である。

- ・ファンユニット単体の突出口より10cmの点
- ・PAPRを装着したダミーヘッドの外耳道入口の点

2.2 音声認識率の測定 騒音分析だけでは会話の聞き取りの程度は分からないため、被験者による日本語単音節の聞き取りを検査する語音弁別能検査を行った。語音弁別能(音声認識率)は次式により算出される。

$$(\text{正答語音数} \div \text{検査語数}) \times 100 [\%] \dots\dots\dots (1)$$

語音弁別能が70%以上であれば日常会話が可能であると評価できる。試験音源として日本聴覚医学会の語音聴力検査用CDから67-S語表の音源を使用した。被験者は健聴者の6名である。

2.3 フード透過音の測定 会話を阻害してしまう要因は騒音だけではなく、フードによる挿入損失の影響もあると考えた。そこで純音によるフード装着時の挿入損失の測定とフードを透過した音声の波形分析を行った。測定はPAPRを装着したダミーヘッドの外耳道入口に設置したマイクロホンで測定した。

全ての測定はファンユニットの電池が満充電の状態が無響室内にて行った。

*1) 光音グループ
*2) 技術経営支援室
*3) デザイングループ
*4) 電子・機械グループ

3. 測定結果と考察

3.1 騒音の測定結果 等価騒音レベル測定結果を表 1 に、フード内騒音の周波数分析結果を図 2 に示す。等価騒音レベルは 70dB 以上と大きく、その周波数成分は音声帯域内で大きい。ファンユニット突出口部の周波数分析結果も同様であった。そのため、音声がマスキングされてしまい、語音が聞き取り難くなっていることが分かった。また、2.5kHz 辺りに鋭いピークがあり、モーター回転数に伴う“キーン”という煩わしい音を発生していることがわかった。

表 1. 等価騒音レベル測定結果

ファンユニット突出口部	73 dB
PAPR フード内 外耳道入口	70 dB

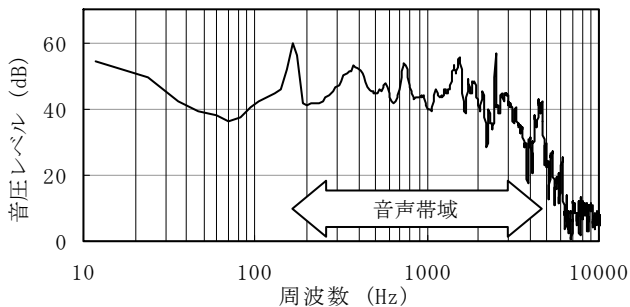


図 2. フード内騒音の周波数分析結果

3.2 音声認識率の測定結果 音声認識率の測定結果は 32% であり、日常会話が不可能であることがわかった。また、語音ごとの認識率を調べてみると、比較的聞き取り易い母音や「バ」、「ジ」などの有声子音でさえ認識率が低く、「ス」、「ハ」などの無声子音の認識率は 10% 以下であった。また、試験の中で耳元に風が当たり、風切り音が発生していることを確認した。

3.3 フード透過音の測定結果 図 3 にフードによる挿入損失を測定した結果を示す。2kHz 以上の帯域で損失が大きいことが確認できる。この帯域は無声子音を認識するために重要な帯域である。図 4 に無声子音を持つ語音「ス」の音源のソナグラフを示す。図中の色が濃いほど音圧が高いことを意味している。前半が子音部分[s]であり、2500Hz 以上の周波数成分が主成分であることが分かる。図 5 に「ス」の音源を収録した音声波形を示す。(a) はフード未装着時の音声波形であり、母音[u] に比べ、子音[s]の振幅は小さいことがわかる。(b) はフード装着時の音声波形であり、特に子音部分の振幅が減衰し、聞き取り難くなっていることがわかる。これは図 3 に示したように、フードにより無声子音の主成分である 2kHz 以上の音が減衰されるため、母音は聞き取れるが、子音が聞き取り難くなったと考えられる。そのため、フードを装着した状態で「ス」を試聴すると「ウ」や「ク」と誤聴してしまうことがわかった。

4. 既存 PAPR の問題点と対策方法の検討

騒音対策を行う場合、騒音源の対策、伝播経路の対策、受音部の対策の 3 つが基本となる。既存 PAPR の調査結果から、騒音源であるファンユニットの低騒音化を行うことが最も効果的であり、特に音声帯域の周波数成分を低減する必要がある。対策方法としてはファンの径が大きく回転数の低

い静音ファンの採用が考えられる。ただし、感染源となる飛沫がフード内に入らないように、フード内を陽圧にする空気流量が必要であるため、騒音源と伝播経路の対策には限界がある。そこで、次に受音部のフードの対策を行う必要がある。フード内は耳元での風切り音が発生していることとフードによる音の減衰が問題である。前者に対しては耳元に風が当たらない内部構造にすること、後者に対しては挿入損失が小さい生地を採用や、拡声器などの音声補助装置を使用する対策方法が考えられる。

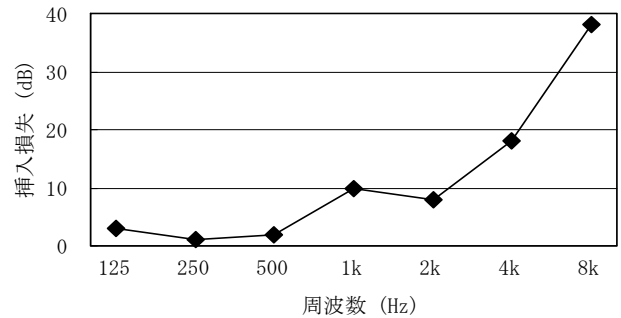


図 3. フードによる挿入損失測定結果

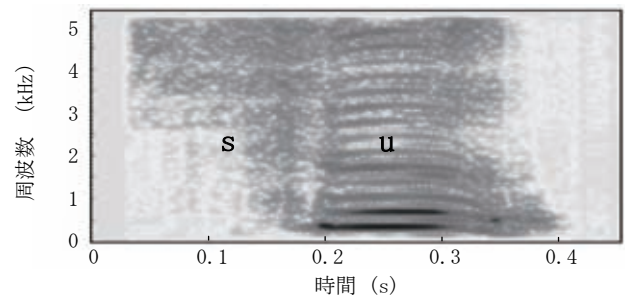


図 4. 語音ス[su]のソナグラフ

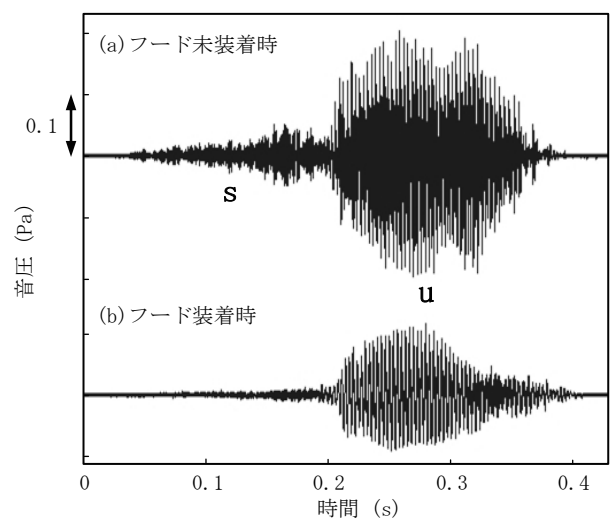


図 5. 語音ス[su]の音声波形

5. まとめ

既存 PAPR の問題点を調査し、その問題点に対する対策方法の検討を行った。今後は検討した対策方法を適用した試作品を作製し、低騒音かつ快適なコミュニケーションを可能とする PAPR の実現を目指す。

(平成 22 年 6 月 30 日受付, 平成 22 年 9 月 14 日再受付)