

# 数種類のNAMマイクロホンの周波数特性\*

◎清水奨太, 大谷真, 平原達也 (富山県立大学・工学部)

## 1 はじめに

微弱な乱流雑音源の声道共鳴音の肉導音である非可聴つぶやき声 (Non-Audible Murmur: NAM) [1]を検出するためには専用のNAMマイクロホンが必要である。NAMマイクロホンは聴診器型[2]に始まり、これまでに様々な種類が設計、製作されている。しかしながら、これらのNAMマイクロホンの周波数特性や感度は明らかにされていない。本稿では、5種類のNAMマイクロホンの周波数特性と感度を比較した結果について報告する。

## 2 NAMマイクロホン

比較したNAMマイクロホンの一覧と個数を表1に、それらの外観を図1に示す。

ソフトシリコン型 (SS) は大型で硬いケースにECM (Electret condenser microphone) を入れ、ECMのダイヤフラムに接するまでソフトシリコンを充填したものである。図2(a)にSSのX線透視画像を示す。ECMは皮膚との接触面から1mmの位置に埋め込まれている。

ウレタンエラストマ型 (UE) はソフトシリコンの代わりにウレタンエラストマを充填したものである。ウレタンエラストマは粘着性があるため、NAMマイクの装着を容易にする[3]。

ウレタンエラストマ2重包埋構造型 (DUE) は、音媒体としてのウレタンエラストマと固定・防音用のウレタンエラストマを分離したものである[4]。図2(b)にDUEのX線透視画像を示す。ECMは皮膚との接触面から2.5mmの位置に埋め込まれている。

ソフトシリコン空気通過型 (SSP) は皮膚との接触面はシリコンで覆われているが、シリコンはECMのダイヤフラムには接しておらず、ダイヤフラムは空気振動を検出している。SSP2はSSP1を改良したタイプである。

## 3 NAMマイクロホンの周波数特性

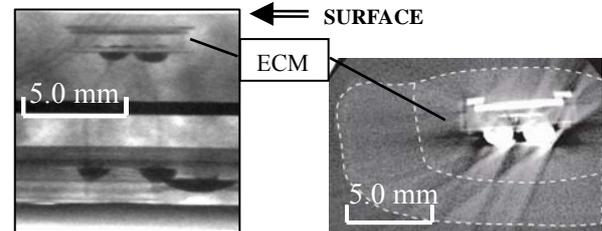
NAMマイクロホンの周波数特性は75mmφ×50mmHのウレタンエラストマの円柱に

Table 1: List of NAM microphone.

Types	Medium	Size	Maker	Number
SS	Soft-silicon	30 mmφ× 20 mmH	ミツミ電機	3 個
UE	Urethane-elastomer	20 mmφ× 10 mmH	中島 [2]	3 個
DUE	Urethane-elastomer	17 mmφ× 8 mmH	中島 [3]	1 個
SSP1	Soft-silicon +Air	20 mmφ× 5 mmH	ミツミ電機	1 個
SSP2	Soft-silicon +Air	20 mmφ× 5 mmH	ミツミ電機	1 個



Fig. 1: Photograph of five types of NAM microphone.



(a) Soft-silicon type. (b) Urethane-elastomer duplex type.

Fig. 2: X-ray CT scan image.

NAMマイクと加速度ピックアップ (小野測器: NR-3211) を設置して測定した[5]。

図3にSSとUEとDUEの周波数特性を示す。SSとUEの周波数特性を比較すると、1kHzにおける感度は異なるが、SS、UE共に2kHzまではほぼ等しい周波数特性を持っている。またUEは2kHzでピークを持たない。2kHz以上では、SSの感度は約-17dB/oct.で高域減衰するが、UEの感度はほぼ平坦である。DUEは1.2kHz以下ではSSやUEと比べて感度が高い。1.2kHz~4kHzまではSSと、4kHz以上ではUEとほぼ同じ周波数特性である。

図4にSSP1とSSP2の周波数特性を示す。

\* Frequency characteristics of several types of NAM microphone, by SHIMIZU Shota, OTANI Makoto and HIRAHARA Tatsuya (Toyama Pref. Univ.).

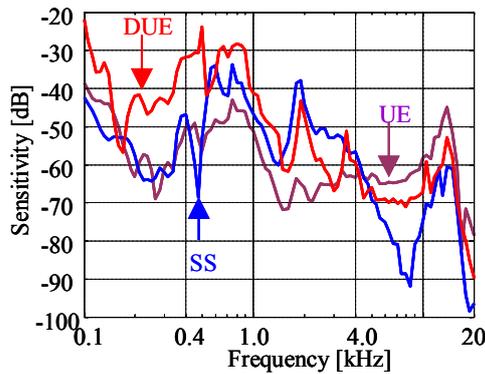


Fig. 3: Frequency characteristics of SS, UE and DUE.

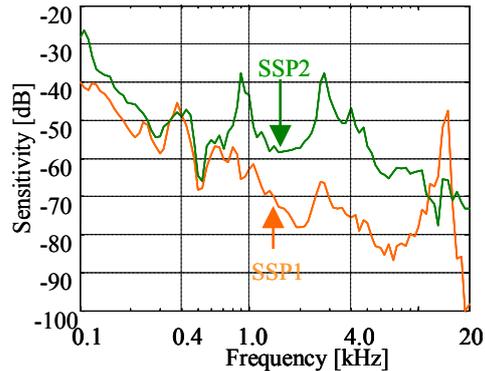


Fig. 4: Frequency characteristics of SSP.

SSP2は1kHzと3kHz付近にピークがあるが、0.4~4.0 kHz までほぼ平坦な周波数特性を持つ。SSP1は700 Hz以上では高域になるほど感度は低下している。

### 3.1 NAM マイクロホンの感度

各NAMマイクロホンの1kHzにおける感度は、SSは-44~-51 dB、UEは-44~-58 dB、DUEは-41 dB、SSPは-43~-63 dBであった(0 dB=1 V/1 Pa)。UEは個体差が大きい。

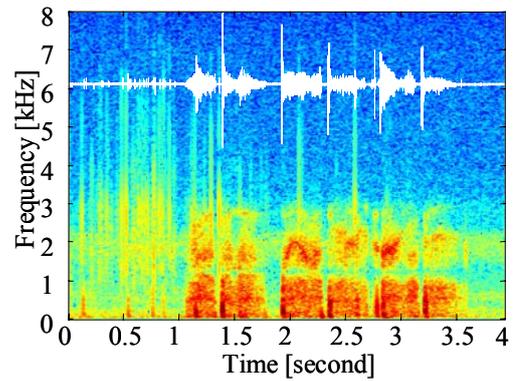
### 3.2 NAM のステレオ収録

SSとDUEの2種類のNAMマイクロホンを左右の頸部に装着して、同じNAM発声をステレオ収録した。サンプリング周波数は48 kHz、量子化精度は16 bitである。収録したNAM信号の音圧波形とスペクトログラムを図5に示す。

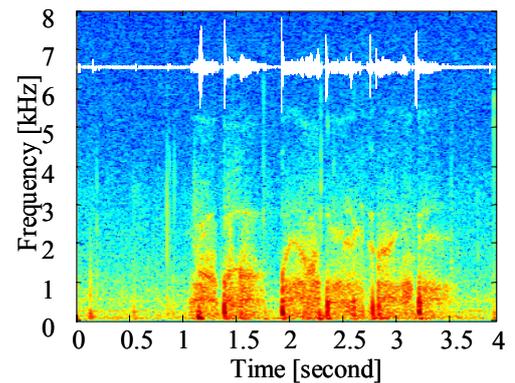
SSで収録したNAM信号には0~1秒に多くの雑音が混入しているが、DUEで収録したNAM信号にはあまり雑音は混入していない。また、SSで収録したNAM信号の帯域は約3 kHzまでであるが、DUEで収録したNAM信号は5~6 kHzまで弱いながらも信号が確認できる。これらは図3に示す両NAMマイクロホンの周波数特性を反映している。

## 4 まとめ

5種類のNAMマイクロホンの周波数特性と感度を測定し、比較をした。その結果、ソフト



(a) A NAM signal recorded by SS.



(b) A NAM signal recorded by DUE.

Fig. 5: Sound waveform and spectrogram.

シリコン空気通過型(SSP)以外のNAMマイクロホンの周波数特性は大局的には類似していること、感度はウレタンエラストマ2重包埋構造型(DUE)が最も高いことがわかった。

## 謝辞

本研究は総務省SCOPE-S『発声障害者の音声コミュニケーション手段の研究開発』により実施した。またマイクロフォーカスX線CTシステム(SHIMADZU: SMX-225CT)を利用させていただいた千住システムテクノロジー株式会社に感謝する。

## 参考文献

- [1] 中島, “NAM インタフェースコミュニケーション”, 奈良先端科学技術大学院大学博士論文, 2005.02
- [2] 中島, “ソフトシリコン型NAMマイクロフォンの開発と評価” 信学技報 SP2005-7, 7-12, (2005).
- [3] 中島 他, “NAMマイクロホンの日常生活に適する装着法” 日本音響学会誌, vol.63, No.6, 318-321, (2007).
- [4] 中島 他, “ウレタンエラストマ二重包埋構造型NAMマイクロホン”, 音講論集, 21-22, (2006.9).
- [5] 清水 他, “非可聴つぶやき声の音響的特徴とNAMマイクの応答特性”, 信学技報 SP2007-38, 85-90, (2007).