

## HRTF 計測用耳栓スピーカの放射特性

松永悟行・平原達也（富山県立大・工）

### 1. はじめに

頭部伝達関数（HRTF）を高速かつ高精度に計測する方法として、外耳道に小型スピーカ、頭外にマイクロフォンを置き音響伝達関数を計測する相反法がZotkinらによって提案されており<sup>[1]</sup>、我々も追試している<sup>[2]</sup>。しかし、外耳道に挿入できる小型スピーカは種類が少なく、その出力音圧も低いことから、この計測法は普及していない。

そこで本報告では、相反法による HRTF 計測システムで使用する小型スピーカの水平面放射特性を明らかにする。

### 2. 実験方法

本実験に使用した小型スピーカはシリコン印象材に埋め込み外耳道に挿入できるようにしたもの（耳栓スピーカ）である(Fig.1)。小型スピーカには Knowles 社の DTEC-30008 を使用した。このスピーカは Balanced Armature 型（電磁型）で、挿入型イヤフォンのドライバとして使用されているものである。そのため、このスピーカは開空間に対して音を放射する設計にはなっていない。

電気音響系は以下のとおりである。オーディオアナライザ（Brüel&Kjær, 3560）の出力電圧は、ヘッドフォンアンプ（audio-technica, AT-HA20）を経て耳栓スピーカを駆動する。マイクロフォン（Brüel&Kjær, 4189）の出力電圧はオーディオアナライザに入力される。耳栓スピーカは防音室の中央、床からの高さを 1 m の位置に置いた。マイクロフォンは耳栓スピーカからの距離を 1 m、床からの高さを 1 m とし、方位角を 30 度間隔で置きなおし、計 12 点の位置での耳栓スピーカの周波数特性を計測した。

オーディオアナライザより出力した信号は 0.1 ~ 20 kHz まで、1/12 oct.間隔の正弦波信号である。

計測サイトは、内寸 3.24×3.54×2.30 m の防音室で、暗騒音レベルは 16.5 dB(A)である。

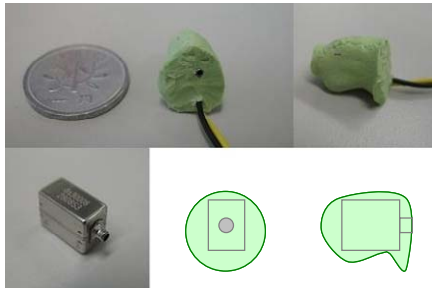


Fig.1 耳栓スピーカ

### 3. 耳栓スピーカの放射特性

耳栓スピーカの 12 方向に対する周波数特性及び放射特性を Fig.2(a)(b) に示す。耳栓スピーカの出力音圧レベルは 0.4~12 kHz の帯域において

30 dB SPL 以上で、方位による周波数特性の違いは見られなかった (Fig.2(a))。しかし、12 kHz 以上の帯域においては指向性があり、スピーカの前面（方位角 300~60 度）に対しての音の放射音圧は 40 dB SPL 程度であるが、側面（方位角 90、270 度）に対しての音の放射音圧は 20 dB SPL 程度であり、20 dB の差があることがわかった (Fig.2(b))。また、0.4 kHz 以下の帯域では、耳栓スピーカの出力音圧レベルは、HRTF 計測システムに含まれる暗騒音レベル (Fig.2(a)灰色部分) よりも低く、HRTF 計測においては十分な S/N が得られないと予測される。

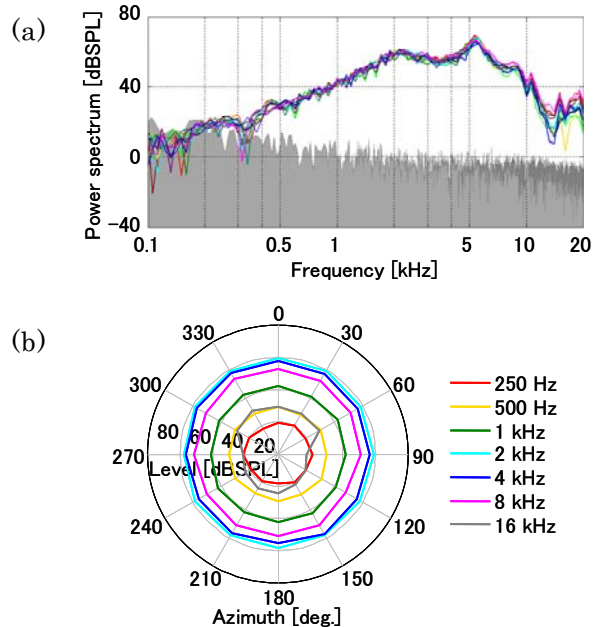


Fig.2 耳栓スピーカの水平面放射特性

### 4. まとめ

この耳栓スピーカは 0.4~12 kHz の帯域においては無指向性であり、12 kHz 以上の帯域では指向性がある。また、0.4 kHz 以下の帯域では、耳栓スピーカの出力音圧レベルは、計測システムに含まれる暗騒音レベルよりも低い。つまり、耳栓スピーカは、低域では出力音圧の低さ、高域では指向性により S/N が低くなる。そのため、加算平均や逆フィルタ補正を行い、S/N を改善することで、相反法により高速かつ高精度に HRTF を計測できると考えられる。

### 参考文献

- [1] Zotkin D.N. *et al*, Fast head-related transfer function measurement via reciprocity, *J.Acoust. Soc. Am.*, 120(4), 2202-2215, 2006.
- [2] 松永悟行 他, 頭部伝達関数の高速計測法の検討, 音講論, 2-4-21, 2009-09