

# 骨導ヘッドホンと方向感\*

関本 荘太郎 (東京大院・医学系研)

## 1 はじめに

従来、骨導ヘッドホンには動電型あるいは圧電型のアクチュエータが用いられてきたが、最近、超磁歪型の素子が開発された。超磁歪型素子は従来の素子に比べ周波数特性が優れているといわれている。今回は、種々の骨導アクチュエータの周波数特性を比較し、超磁歪型ヘッドホン装用時の方向感知覚の可能性を検討した結果について報告する。

## 2 骨導ヘッドホンの周波数特性

### 2.1 測定方法

Table 1 に示す 5 個の骨導アクチュエータの周波数特性を比較した。超磁歪型(Frey 社 Filltune BCHS-FT001), オーディオメータに付属の骨導検査用の動電型, 圧電型 (PZT) を含む。表には、以下の測定結果のグラフの色も示した。

Fig. 1 に測定システムのブロック図を示す。外径 170 mm, 厚さ 3.3 mm, 質量 270 gr の中空アクリル球の内側に圧電式加速度ピックアップを両面テープで接着した。アクチュエータは、ピックアップの裏側の球の外側にそれぞれに付属のヘッドバンドで固定した。アクリル球はヒトの頭の外径に近い既製品を用いた。アクリル球の内側のピックアップの反対側の約 1/3 には吸音のためスチール・ウール

(ボンスター・ロールパッド 6 個 計 40 gr) を貼り付けた。

オーディオ計測用ソフト (CLIOwin) より正弦波を周波数を変えながら出力し、アンプ (NJM2073M, Filltune の場合は付属専用アンプ) 経由でアクチュエータを駆動した。加速度ピックアップの出力をチャージ・アンプ (リオン振動計ユニット UV-05) 経由で AD 入力し、加速度値の周波数変化を測定した。サウンド・カードは CLIOwin 付属のもの (Crystal CS4281) を用いた。

### 2.2 測定結果

Fig. 2 (次頁) に測定結果を示す。縦軸は測定された加速度値である。但しこの値にはアクリル球などの質量の影響も含まれている。超磁歪型の Filltune は、他の方式のアクチュエータに比べ 3 kHz ~ 10 kHz の特性が優れている。

Table 1 Bone conduction actuators

方式	メーカー・型番	Color
超磁歪	フレイ Filltune	Red
動電	永島医科器械 BR-572	Green
動電	リオン BR-41	Orange
PZT	新世 W50-W	Blue
PZT	トーキン KD-01	Purple

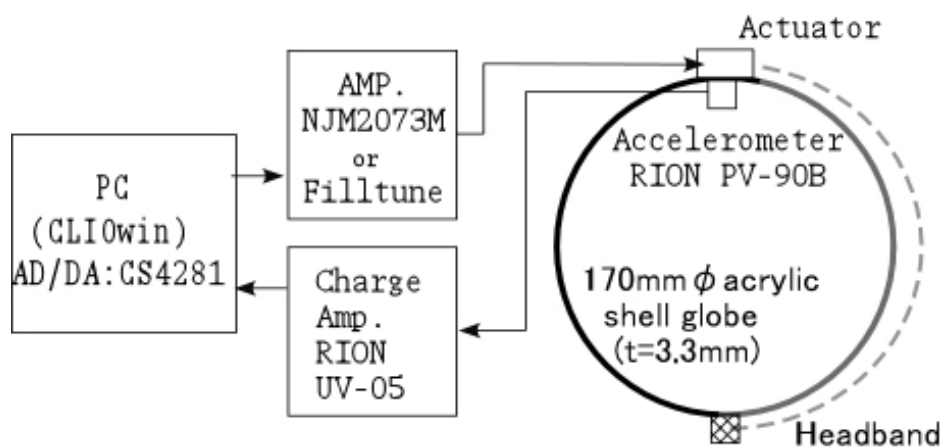


Fig. 1 Measurement system.

\* Giant electrostriction bone conduction headphones for directional hearing, by Sotaro SEKIMOTO (Faculty of Medicine, The university of Tokyo).

### 3 方向知覚について

#### 3.1 超磁歪型骨導ヘッドホンの優位性

超磁歪型骨導ステレオヘッドホンが IID や ITD を cue とする水平面内の音像定位に有効である事は既に報告されている<sup>[1]</sup>。Fig. 2 の結果を比較すると、超磁歪型の Filltune では数 kHz ~ 10 kHz での特性がほぼ平坦なのに対し、他の方式では変動が大きい。このことは、超磁歪型骨導ヘッドホンでは、他の方式では利用できない Elevation 方向の HRTF 特性を利用できることを示唆している。

#### 3.2 両耳合成シミュレーション

Elevation および前後方向の cue を得るためマイクを両外耳道入口に置いたと仮定した。シミュレーション・ソフトとして、MIT KEMAR および CIPIC の Human HRTF データを利用できる Wave Arts 社(W. Gardner)の Panorama5 を使用した。これは VST plug-in なので、他の畳み込み等の処理と同時に使用できる。骨導 HRTF の場合、通常の気導 HRTF の音響パス以外に、左右間の骨導パスが存在する。同側 反対側蝸牛におけるレベル差が 10-15 dB (at 1 kHz), 遅延が約 0.2 ms あるので<sup>[2]</sup>, その分をクロストーク・キャンセラで補

償しておく必要がある。クロストーク・キャンセラには A. Farina の Cooledit / Audition 用 Aurora plugin を用いた。

超磁歪型骨導ステレオヘッドホン Filltune を用いた予備試聴結果では、Elevation 方向の音像定位にも有効であると思われるが、更なる系統的实验が必要である。

### 4 おわりに

超磁歪型骨導ヘッドホンを、動電式や PZT の骨導ヘッドホンと比べると、3 kHz ~ 10 kHz の特性が優れている。このため、Elevation 方向の方向知覚に使用できる可能性がある。

両耳合成シミュレーションでは、マイクを両外耳道入口に置いたと仮定したが、実際にはハウリングを起こす可能性がある。骨導ヘッドホンと離して置く場合、耳朶状マイクあるいは同様の指向特性を有するマルチマイク + DSP 収音器等が必要であろう。

### 参考文献

- [1] Kuroki S. and Kaga K., NeuroReport 17, 23, 27-31 (2006).
- [2] Stenfelt S., Int. J. Audiol. 44:178-89(2005).

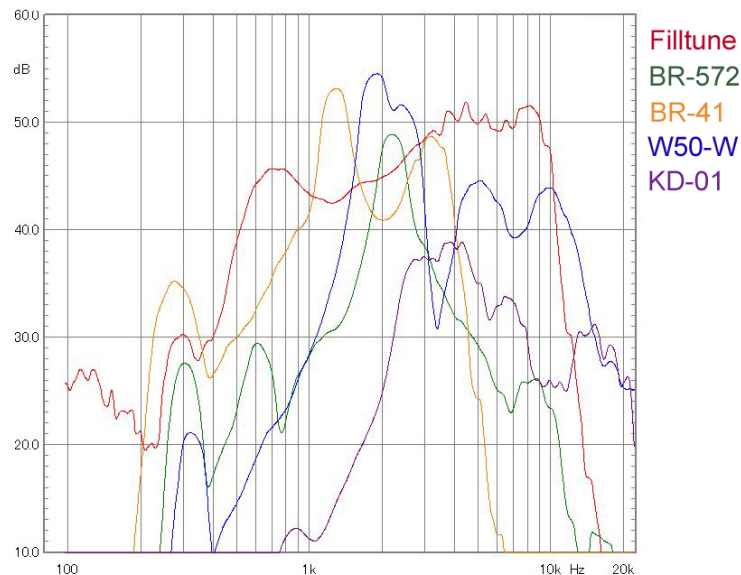


Fig. 2 Frequency responses of bone conduction actuators.