

# 縮小ダミーヘッドによる音像定位\*

○ 平原 達也、相良 洋行、遠藤 渉 (ATR 人間情報科学研究所／東工大大学院)

## 1 はじめに

バイノーラル技術を利用して立体音場を再現する場合、聴取者の頭部形状を正確に再現したダミーヘッドや、高精度に測定した聴取者の頭部伝達関数 (HRTF) が必要とされている。聴取者とは異なる形状を持つダミーヘッドや他人の HRTF を用いると、再現される音場が歪み音像定位精度が低下するからである。

しかし、長時間に渡る HRTF の測定に際しては頭部が動き、HRTF は数 dB 変動する[1]。また、受聴時に聴取者の頭部運動を再現すると、他人の HRTF やダミーヘッドを用いても、平滑化した HRTF を用いても音像定位精度は低下しない[2-4]。つまり、立体音場の再現には、必ずしも頭部形状や HRTF を高い精度で再現する必要はないのかもしれない。

本報告では、頭部形状を大きく変えた場合に頭部運動が音像定位精度に及ぼす効果を調べるために、縮小したダミーヘッドを用いた音像定位実験の結果について述べる。

## 2 ダミーヘッド

### 2.1 構造と形状

ダミーヘッドは、MRI (Shimadzu-Marconi, MAGNEX ECLIPSE 1.5T Power Drive 250) で計測した 3 次元の実頭形状データから光造形



Fig.1: Mounting a 70%-scaled dummy head on the TeleHead I in an anechoic room.

装置を用いて等寸大 (100%)、70%および50%縮小したダミーヘッドを作成した。MRI の頭部形状計測精度は 1 mm、光造形装置の造形誤差は 0.35 mm 以下である。

マイクロフォン (Panasonic, WM62-AT102) はシリコン製の耳栓に装着してダミーヘッドの外耳道に挿入した。ダミーヘッドは、Yaw 方向だけ頭部運動に追従するよう改造したテレヘッド 1 号機 [3] に装着した (Fig.1)。

### 2.2 頭部伝達関数

ダミーヘッドの HRTF は、頭部の中心から音源までの距離を 1.2 m として、外耳道入り口を閉鎖状態で、無響室内で測定した。

モデル 1 では、実頭と原寸大、70%縮小、50%縮小ダミーヘッドとの水平面における HRTF の振幅スペクトル差(SD)は 100Hz～20kHz の帯域でそれぞれ、8.0 dB, 8.6 dB, 6.5 dB であった。原寸大ダミーヘッドと 70%縮小、50%縮小ダミーヘッドとの HRTF の SD はそれぞれ 6.9 dB, 8.6 dB であった。

寸法を 1/M 倍したダミーヘッドの HRTF は、原理的には、原寸大ダミーヘッドの HRTF の周波数軸を M 倍したものとなる。しかし、ダミーヘッドをテレヘッドに装着する治具からの反射の影響や、マイクロフォンの大きさが耳介部分と比較して相対的に大きくなるために、HRTF は単純に伸張しない (Fig.2)。

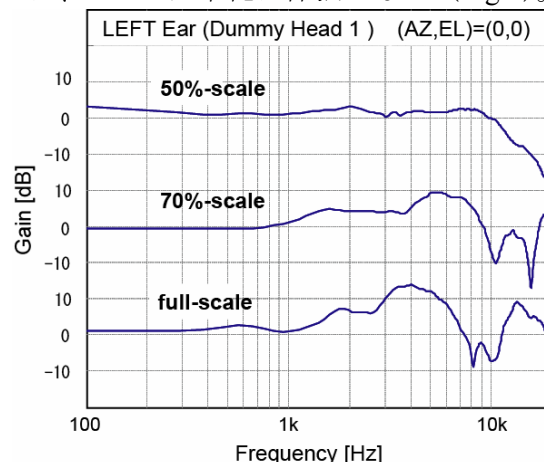


Fig.2: HRTFs of scaled dummy heads.

\* Sound localization with scaled dummy heads, by HIRAHARA, Tatsuya, SAGARA Hiroyuki and ENDO Wataru (ATR Human Information Science Laboratories／Tokyo Institute of Technology)

### 3 音像定位実験

#### 3.1 実験方法

無響室内に置いたテレヘッドの周囲 1.2 m に 30° 間隔で水平面に設置した 12 個スピーカから提示した刺激音を、被験者が別の部屋でテレヘッドに接続したヘッドホン(HDA200)で聴取して音像定位実験を行った。

刺激音は、持続時間 5 秒、音圧 70 dB SPL の白色ガウシアン雑音で、5 秒毎に提示した。1 セッションの実験では、各スピーカからそれぞれ 5 回ずつの刺激音をランダムな順序で提示した。

実験条件は、ダミーヘッド条件として 100%, 70%, 50% モデルの 3 条件、頭部運動条件として静止と運動の 2 条件である。3 名の被験者が、各条件について 4 セッションの実験を行った。音像位置の判断は 12 方向の強制選択で、音像の定位場所を頭内と頭外に区別して、解答用紙に記入させた。

#### 3.2 実験結果

Fig.3 にダミーヘッドのモデルとなった被験者の音像定位実験の結果を示す。左側はテレヘッドを静止させた場合、右側は追従動作させた場合、上段は等寸大ダミーヘッド、中段は 70%、下段は 50% の縮小ダミーヘッドを用いた場合の結果である。各図の青丸は応答総数、赤丸は頭外定位した応答数を表す。

等寸大(100%)ダミーヘッド：静止状態では前方はほぼ頭内定位したが、その他の方位は、左右誤りが多少あるものの、完全に頭外定位した。頭部運動を許すと、全ての音像は距離感を持って水平面に頭外定位し、定位判断は静止状態より遥かに正確になった。

70%縮小ダミーヘッド：静止状態では前後は頭内定位、側方は頭部近傍に頭外定位した。定位はある程度正確であった。頭部運動を許すと、前方以外の音像は頭部よりやや離れて頭外定位し、定位判断は静止状態より容易かつ正確になった。ただし、ほとんどの音像は水平面よりもやや上側の面に定位された。

50%縮小ダミーヘッド：静止状態ではほとんどの音像は頭内の側方から後方に定位した。頭部運動を許すと、前後以外の音像は頭部近傍の頭外に定位し、定位判断は静止状態より容易かつ正確になった。ただし、全ての音像は頭頂に近い高い仰角を持つ面に定位された。

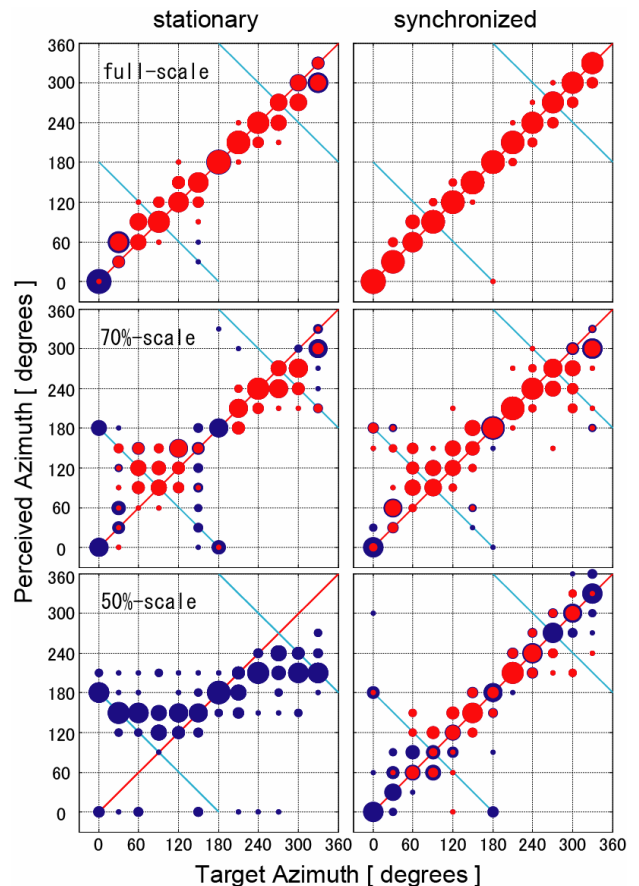


Fig. 3 Sound localization performances with scaled dummy heads by a subject.

### 4 まとめ

頭部運動を再現すれば、70%縮小ダミーヘッドでも音像は頭外に定位し、方位もほぼ正しく定位されることがわかった。テレヘッドを用いた場合、使用者の頭部運動を再現すれば HRTF の振幅スペクトル差が 6.5 dB ある他人のダミーヘッドを用いても音像定位精度が向上することが示されている[2-4]。今回の結果も、頭部運動を再現すれば、立体音場の再現にダミーヘッドの形状を完全に再現する必要は必ずしも無いことを示唆する。

#### 参考文献

- [1] 相良洋行, 戸嶋巖樹, 平原達也, “HRTF 測定時の頭部の動き,” 音講論集, 571-572 (2005.09)
- [2] 平原達也, 戸嶋巖樹, 川野洋, 青木茂明, “頭部運動に追従するダミーヘッドシステム—テレヘッドII—,” 人工知能学会 第17回 AIチャレンジ研究会資料, 51-58, (2003)
- [3] 戸嶋巖樹, 植松尚, 青木茂明, 平原達也, “頭部運動を再現するダミーヘッド: テレヘッド,” 日本音響学会誌, **61**(4), 197-207 (2005)
- [4] 戸嶋巖樹, 青木茂明, 平原達也, “頭部運動を再現する改良型ダミーヘッドシステム—テレヘッドII—,” 日本音響学会誌, **62** (3), (2006)