

# 頭部運動に追従するステレオマイクロフォンによる音像定位\*

○遠藤 渉 (東工大), 柏野 牧夫 (NTTCS 研/東工大), 平原 達也 (富山県立大)

## 1 はじめに

頭部運動を考慮しない場合、立体音場の再現には、高精度に測定した聴取者の頭部伝達関数 (HRTF) や、聴取者の頭部形状を高精度に再現したダミーヘッドが必要とされている。しかし聴取者の頭部運動を再現すると、他人のダミーヘッドや平滑化した HRTF を用いても音像定位精度は低下しないことがわかっている[1]。さらに、聴取者の頭部のサイズを 70 % 縮小したダミーヘッドを用いても頭部運動を許せば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ている[2]。つまり、立体音場の再現には、頭部運動を考慮すると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可能性がある。では、頭部運動さえ忠実に再現すれば、全く HRTF を考慮しなくても高い音像定位精度が実現できるのであろうか。

本報告では、頭部運動を再現した場合に、立体音場の再現のために HRTF が必要であるかどうかを調べるために、先に行った縮小ダミーヘッドによる音像定位実験[2]と同一の両耳間距離だけ間隔を開けて配置したマイクロフォンを用いた音像定位実験の結果について述べる。

## 2 マイクロフォン

### 2.1 マイクロフォン

実験で使用したマイクロフォンは WM62-AT102 (Panasonic) である。このマイクロフォンは、HRTF の計測や先の縮小ダミーヘッド実験[2]で用いたものと同じものである。このマイクロフォンを2つ水平にある距離を離して設置し、Yaw 方向だけ頭部運動に追従するように改造したテレヘッド1号機[1]に装着して実験を行った (Fig.1)。マイクロフォンの間隔は、実頭の両耳間距離に合わせて配置した。実頭の両耳間距離は等寸大 (100%) で、16.5 cm、等寸大の 70 % で 11.6 cm、

等寸大の 50 % で 8.3 cm とした。

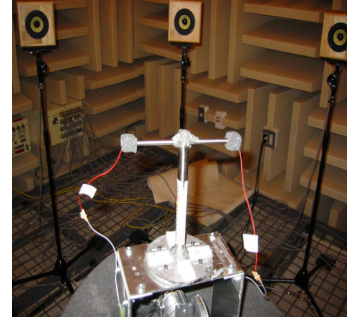


Fig.1: Mounting two microphones (100 %-scaled) on the TeleHead 1 in an anechoic room.

### 2.2 マイクロフォンの ITD

実頭の両耳間距離だけ間隔をあけて配置されたマイクロフォンの伝達関数「HRTF」(厳密には HRTF ではない) を、マイクロフォン間の midpoint から音源までの距離を 1.2 m として、無響室内で測定した。音源にはサンプリング周波数 48 kHz の最適化引き伸ばしパルス (TSP) 信号を用い、各測定方位で 10 回の TSP 信号を出しその加算平均からインパルス応答を算出し「HRTF」を求めた。さらに求めた HRTF から ITD (両耳時間差) を求めた。

(Fig.2)

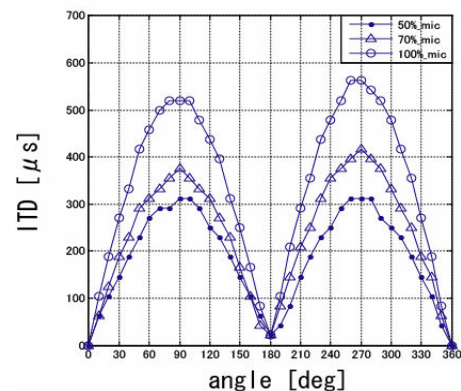


Fig.2: Interaural time difference with scaled microphones

### 3 音像定位実験

#### 3.1 実験方法

無響室の中心に置いたテレヘッドの周囲

\* Sound localization with stereo microphones following head movements, by ENDO Wataru (Tokyo Institute of Technology), KASHINO Makio (NTT Communication Science Laboratories), HIRAHARA Tatsuya (Toyama Prefectural University)

1.2 m 離れた距離に 30° 間隔で置かれた 12 個のスピーカから提示した刺激音を、被験者が別の部屋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、刺激間隔 5 秒、音圧レベル 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（計 60 回）の刺激音をランダムな順序で提示した。

実験条件は、マイクロフォンの配置距離が実頭両耳間距離の 100%、70%、50% の計 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、水平面 12 方向の強制選択解答で、音像が頭内に定位したか頭外に定位したかを区別させて、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マイクロフォン条件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、右側はテレヘッドを頭部運動に追従運動させた場合の結果である。また、上段は実頭の両耳間距離が、等寸大（100%）、中段は 70%、下段は 50% だけ間隔を開けて配置したマイクロフォン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。

①実頭の耳間距離の 100%：頭部静止状態では音像の多くは頭内定位し、また頭部後方に定位した。頭部運動を許すと、前方と後方は多くの場合頭内定位し、前方に関しては前後誤りが多く見られた。側方の音像は頭外定位したが、頭部近くに定位し、距離感の再現性は低かった。

②実頭の耳間距離の 70%：静止状態では音像の多くは頭部後方に定位した。またすべての音像は頭内に定位した。頭部運動を許しても、多くの音像が頭部後方に定位された。頭外に定位された音像は多いが、ほとんどの場合正しく方向定位されていなかった。

③実頭の耳間距離の 50%：静止状態では 70% の条件の場合と同様に音像の多くは頭部後方に定位し、すべての音像が頭内定位した。頭部運動を許しても、全ての音像は 70% の場合と同じように、頭部後方に定位された。そして、すべての音像は頭内に定位した。

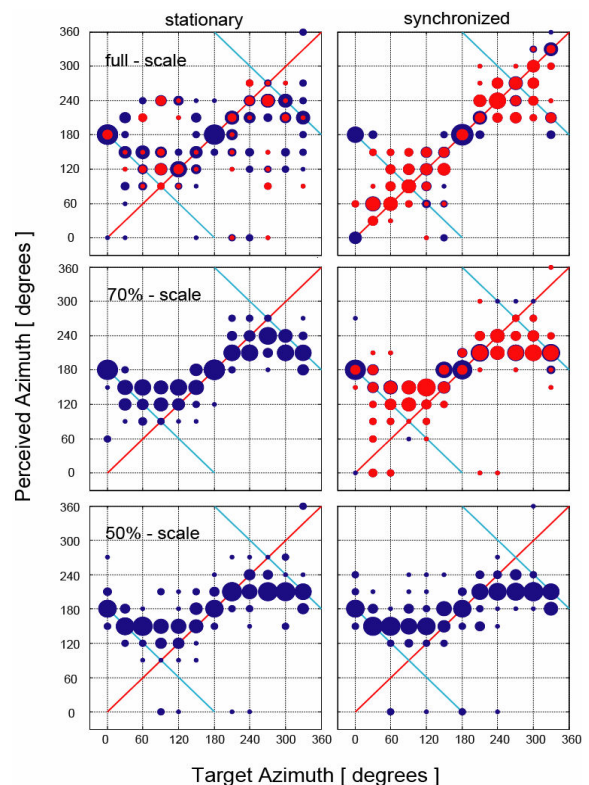


Fig.3: Sound localization performance with scaled microphones

### 4 まとめ

頭部運動を再現しない場合、マイクロフォンの間隔によらず、ほとんどの音像は頭部後方に頭内定位した。頭部運動を再現した場合、マイクロフォンの間隔が実頭の 100% および 70% の耳間距離では音像は頭外に出た。しかし、それらは頭部近くに定位し距離感の再現性は低かった。また、ダミーヘッドを用いた音像定位実験[2]と比較すると、頭部運動を再現したステレオマイクロフォンの音像定位の正答率は、100%の耳間距離をとっても、全ての被験者で 20~31%低かった。

以上の結果から、頭部運動の再現は音像定位に大きく貢献するが、立体音場を再現するためには、頭部運動の再現だけでは不十分であり、HRTF の利用が重要であることを示唆する。

### 参考文献

- [1] 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)
- [2] 平原達也、相良洋行、遠藤渉、“縮小ダミーヘッドによる音像定位,”  
日本音響学会講演論文集,1-3-11 (2006.03)