

## 頭部静止および運動条件における単耳による水平面音像定位\*

○小島大輝, 平原達也 (富山県立大学)

### 1 はじめに

両耳受聴では、両耳に届く音の両耳間時間差 (ITD)、両耳間音圧差 (ILD)、スペクトルの特徴 (SC) を手掛かりにして音像定位する。受聴者が頭部を動かすとこれらの手掛かりは時変となり、音像はより定位しやすくなる<sup>[1]</sup>。頭部静止条件の単耳受聴では、水平面では両耳間情報が利用できないために開放耳側に定位が偏ること<sup>[2]</sup>、正中面では単耳特徴である SC を利用して定位が可能で学習を重ねると定位誤差は減ること<sup>[3]</sup>が知られている。しかし、単耳受聴における頭部運動の効果についてはわかっていない。

本稿では、単耳受聴における頭部運動の効果を明らかにするために、耳栓で片耳を閉塞した受聴者による水平面音像定位実験を頭部静止および運動条件で行った結果について述べる。

### 2 実験方法

#### 2.1 実験装置と刺激音

PC 上で生成した刺激音を D/A 変換器 (UA-101, Roland) から  $F_s = 48 \text{ kHz}$  で出力し、パワーアンプ (1705II, BOSE) を通してラウドスピーカ (MG10SD-09-08, Vifa) を駆動した。ラウドスピーカは半径 1 m の水平面円周上に  $30^\circ$  間隔で 12 方向に設置した。

刺激音は最初と最後に 30 ms の線形テーパをかけた長さ 3 s の白色雑音で、ISI は 3 s とした。また、スピーカアレイの中心で白色雑音の A 特性補正音圧レベルを 40 dB とした。このとき、白色雑音の 1 kHz における音圧レベルは約 10 dB であった。

#### 2.2 実験手順

まず、受聴者の両耳に耳栓 (Pura-Fit, Moldex) を装着し、スピーカアレイの中心に置いた椅子に座らせる。この耳栓は、100 Hz から 20 kHz の間の遮音量が 35~50 dB ある<sup>[4]</sup>。次に、閉塞する耳側の真横のラウドスピーカから刺激音を呈示し、なにも聴こえないことを確認

したうえで、開放する耳側の耳栓を取り外す。こうすることにより、閉塞する耳側に音が聴こえていないことを担保する。

受聴者はこのように片耳を閉塞した状態で眼を閉じ、スピーカアレイの一つから呈示される刺激音を聴き、その音像を定位する。1 セッションの実験では、12 方向のラウドスピーカから 5 回ずつ計 60 回の刺激音をランダムに呈示した。全部で 4 セッションの実験を行い、1 方向あたり 20 回の回答を得た。回答は 12 方向の強制選択とした。受聴者は 20 歳代の健聴な男性 3 名、女性 1 名の計 4 名で、両耳による頭部静止・運動条件の音像定位実験の経験者である。

### 3 頭部静止条件での水平面音像定位

右耳あるいは左耳を耳栓で閉塞し、正面を向き、刺激音の呈示中に頭部を静止するよう受聴者に指示して、音像定位実験を行った。

Fig.1 は右耳あるいは左耳で単耳受聴した場合の、受聴者 4 名の音像定位結果をまとめたものである。同図に示されるように、開放耳側前方から呈示した音はほぼ正しく定位されたが、開放耳側後方と閉塞耳側から呈示した音は、開放耳側に誤って定位された。

この結果は、Wightman らの閉塞耳側に呈示した音の定位は開放耳側に引き寄せられるという結果とは同じであるが、開放耳側から呈示した音の音像は開放耳側にランダムに定位するという結果とは異なった。単耳受聴した場合には両耳特徴が利用できず、定位が困難なのは当然の結果である。開放耳側前方の定位ができたのは、水平面のスペクトル特徴を利用したからと考えられる。

### 4 頭部運動条件での水平面音像定位

右耳あるいは左耳を耳栓で閉塞し、刺激音の呈示中に頭部を正面から左、あるいは右に  $60^\circ$  回転するよう受聴者に指示して、水平面音像定位実験を行った。

\* Monaural horizontal sound localization in head still and head movement conditions, by KOJIMA, Daiki and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural University).

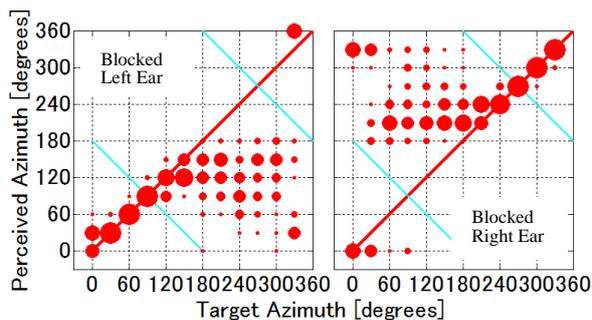


Fig.1 頭部静止条件での音像定位結果

しかし、頭部静止と異なり、頭部を回転させるとそれに伴って音像が動く場合があり、頭部静止条件と同じ音像定位実験を頭部運動条件で行うことは困難であった。そこで、頭部運動に伴う音像の動きを受聴者に口頭および手の動きで示させ、実験者が記録した。頭部回転速度は自由とし、音像の動きを説明できるまで何度でも刺激音を聴かせた。

#### 4.1 音像の動き

受聴者の頭部運動に伴って音像が動かないか小さく動く場合と大きく動く場合があった。

開放耳側の 60~150° に音源がある場合と、開放耳側 30°、真正面 (0°)、閉塞耳側 60°、および真背面 (180°) に音源があり、開放耳が音源方向に向く方向に頭部を回転した場合には、Fig.2 に示すように音像の動きは全く無いか、30° 以内の小さな動きであった。

一方、閉塞耳側の 30°、90~150° に音源がある場合と、閉塞耳側 60°、真正面 (0°)、開放耳側 30°、および真背面 (180°) に音源があり、開放耳が音源方向から離れる方向に頭部を回転した場合には、Fig.3 に示すように音像は 30° 以上大きく動いた。

単耳受聴の場合、水平面音像定位には SC を利用していると考えられる。頭部を横に向けると頭部伝達関数に含まれる SC が変化する<sup>[5]</sup>。これに応じて、頭部を回したときに音像が移動するのではないかと考えられる。

## 5 まとめ

4 名の受聴者で頭部静止および運動条件での単耳による水平面音像定位実験を行った。その結果、頭部静止条件では音像が開放耳側に偏った。頭部運動条件では頭部運動に伴って音像が動く場合があり、音像定位が困難であった。音像が 30° 以上大きく動くのは、閉

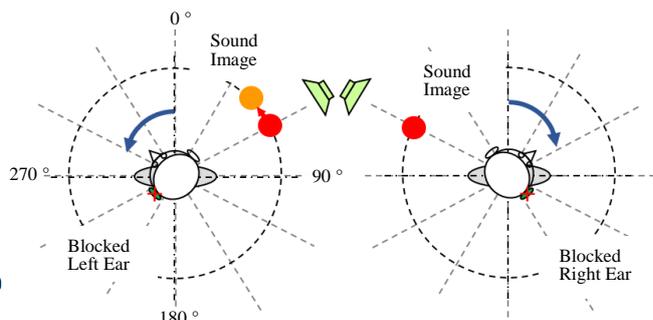


Fig.2 音像が動かないか小さく動く場合

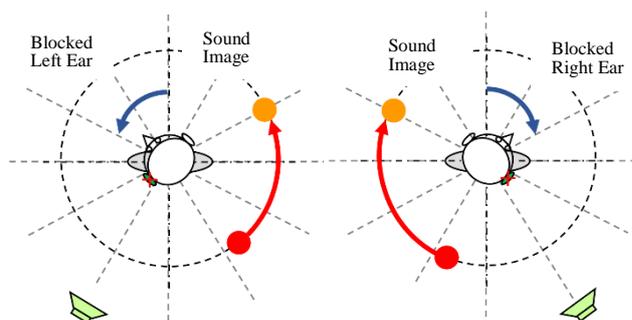


Fig.3 音像が大きく動く場合

塞耳側 30°、90~150° に音源がある場合と、閉塞耳側 60°、真正面 (0°)、開放耳側 30°、および真背面 (180°) に音源があり、開放耳が音源方向から離れる方向に頭部を回転した場合であった。それ以外の場合では音像は全く動かないか、30° 以内の小さな動きであった。

#### 謝辞

本研究の一部は科研費(25330203)による。

#### 参考文献

- [1] 平原達也, 大谷真, 戸嶋巖樹, “頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生に関わる諸問題,” *Fundamental Review*, 2 (4), 68-85, 2009.
- [2] F. Wightman, D. Kistler, “Monaural sound localization revisited,” *JASA*, 101(2), 1050-1063, 1997.
- [3] 安藤四一, 森本政之, 依藤庸正, 服部浩, “片耳による定位,” 聴覚研究会資料, H-47-2, 1-7, 1977.
- [4] 平原達也, 小島大輝, “耳栓の遮音量の測定方法,” 音講論秋季, 1-1-4, 2014.
- [5] 今井悠貴, 森川大輔, 平原達也, “相反法による頭部伝達関数の測定,” 応用音響研究会資料, 112 (266), 43-48, 2012.