

## 頭部の向きが反射壁近傍における音像定位に与える影響\*

☆ 倉地俊哉, 森川大輔, 平原達也 (富山県立大)

## 1 はじめに

壁の傍で壁と平行に向いて座った受聴者がその目の前を壁に向かって垂直に近づく移動音源を聴くと、音源が壁に近づいた時にその音像は受聴者の頭部に沿って曲がる<sup>[1][2]</sup>。この知覚現象は移動音源で顕著だが、静止音源においても起きる。

本稿では、受聴者が壁に向いたり、壁と反対方向に向いた場合にも、同様の現象が生じるかどうかを明らかにするために、頭部の向きを変えて、音像定位実験を行った結果について述べる。

## 2 実験方法

本実験では静止音源の音像方向を定位する方法を用いた。それは、モーションセンサを持った指で移動音の音像を指し示す方法<sup>[3]</sup>は、移動音像を追尾することが容易ではなく、また、頭部後方を指し示すことが困難なためである。

## 2.1 実験システム

塩化ビニル製の反射板 (912×1822×2 mm) を吊るした防音室 (W: 3.2 m, D: 3.5 m, H: 2.3 m) の左壁と直角に、9 個の球型ラウドスピーカ (Anthony Gallo, Micro Satellite) を 125 mm 間隔で直線状に配置した。最も壁に近いラウドスピーカ (SP9) の中心は壁から 5 cm 離し、各ラウドスピーカの高さは 110 cm とした (Fig.1)。

受聴者は、壁から 65 cm 離れたラウドスピーカ (SP5) から 25 cm 離れた位置に頭部中心がくるように座した。受聴者の頭部方向は、左壁方向を向いた 0°、左壁と平行に SP5 方向を向いた 90°、左壁に背を向けた 180° の 3 条件とした。各頭部方向の条件は、椅子を回転して正面を向いた受聴者の体の向きを変えることにより設定した。

音像方向の回答には、受聴者が音像の定位位置を画面上の図をタッチし、その座標を記録する iPad 回答システム<sup>[3]</sup>を用いた。

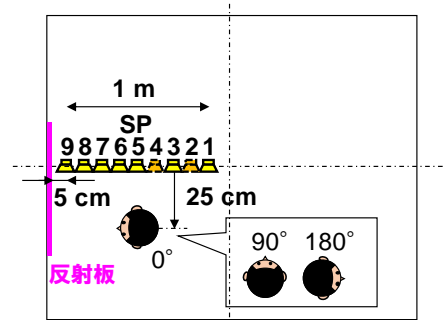


Fig.1 実験システムの外観

## 2.2 実験条件

刺激音はサンプリング周波数 48 kHz として PC 上で作成した持続時間 3 秒の帯域雑音である。その高域側の遮断周波数  $f_h$  は 15 kHz、低域側の遮断周波数  $f_l$  は 100, 375, 750, 1500, 3000, 6000 Hz とした。各刺激音の呈示音圧レベルは各ラウドスピーカの正面 25 cm で 70 dB とした。

音像定位実験では、同じ  $f_l$  の刺激音を 9 個のうち 7 個のラウドスピーカ (SP1, 3, 5, 6, 7, 8, 9) から 5 回ずつ計 35 回ランダムに呈示した。刺激音の呈示間隔は固定せず、ある刺激音に対して受聴者が回答してから 4 秒後に次の刺激音を呈示した。

## 3 実験結果

頭部中心から見た SP5 の角度を 0° とし、時計回りを正として音源角度  $\theta_s$  と音像角度  $\theta_i$  を求めた。

頭部方向が 90° の場合、 $f_l$  が 3000 Hz 以上の帯域雑音では、全ての音源位置で、音像は音源方向に定位した。しかし、 $f_l$  が 1500 Hz 以下の帯域雑音では、反射壁から離れた音源 (SP1~7) の音像は音源方向に定位したが、反射壁近傍にある音源 (SP8, 9) の  $\theta_i$  は  $\theta_s$  よりも小さくなり、音像は頭部側方に定位した。そして、 $f_l$  が低く低域成分が多く含まれる刺激音ほど、この現象は顕著であった。

頭部方向が 0° の場合、 $f_l$  に依らず、反射壁近傍にある音源を含めて、全ての音源位置

\* Effect of head orientation on sound image localization near the reflective wall, by KURACHI, Shunya, MORIKAWA, Daisuke and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural Univ.).

の音像は音源方向に定位した。

頭部方向が  $180^\circ$  の場合、 $f_l$  に依らず、反射壁から離れた音源 (SP1~7) の音像は音源方向に定位したが、反射壁近傍にある音源 (SP8,9) では  $\theta_i$  は  $\theta_s$  よりも小さくなり、音像は頭部後方に定位した。ただし SP1 から呈示した刺激音では定位の前後誤りがあった。なお、この前後誤りは、頭部を回転することによって解消した。

Fig.2 は、3つの頭部方向で、最も反射壁に近いラウドスピーカ SP9 から呈示した刺激音に対する音像角度  $\theta_i$  の平均値と標準偏差を描いたものである。ただし、横軸は  $f_l$  で、縦軸は  $\theta_i$  である。

同図に示されるように、頭部方向が  $0^\circ$  では、 $f_l$  に依らず  $\theta_i$  は  $\theta_s$  とほぼ同じで、音像は音源方向に定位した。頭部方向が  $90^\circ$  では、 $f_l$  が 1500 Hz 以下で、 $\theta_i$  が  $\theta_s$  よりも小さく、音像は頭部側方に定位した。 $\theta_i$  と  $\theta_s$  の差は  $f_l$  が低いほど、すなわち刺激音に低域成分が含まれているほど大きかった。 $f_l$  が 3000 Hz 以上の刺激音では、音像は音源方向に定位した。これに対して、頭部方向が  $180^\circ$  では  $f_l$  に依らず  $\theta_i$  は  $\theta_s$  よりも小さく、音像は頭部後方に定位した。

#### 4 考察

反射壁最近傍の SP9 から呈示した 3000 Hz 以上の高域成分だけ含まれる刺激音の音像は音源位置に定位したのに対し、SP9 から呈示した 1500 Hz 以下の低域成分が含まれている刺激音の音像は頭部側方に定位したことから、この音像方向が音源方向からずれる現象は両耳間時間差 (ITD) に起因するものといえ、直接音から遅れて右耳に届く左壁からの反射音が脳内における ITD の計算に影響を与えたためと考えられる。

頭部方向  $0^\circ$  の条件では、反射壁近傍にある音源からの直接波が頭部の遮蔽なく両耳に到達する。そのため、反射波の影響は少なく音像方位と音源方位が一致したと考えられる。

頭部方向  $180^\circ$  の条件で、SP9 から呈示した 3000 Hz 以上の高域成分だけ含まれる刺激音の音像も頭部後方に定位したということは、音像定位に両耳間音圧差 (ILD) が関与していることを示す。頭部方向  $0^\circ$  との最大の違いは、音源からの直接波と壁からの反射

波の到来方向に耳介があることだが、頭部方向  $180^\circ$  の条件で音像方向のずれをもたらす要因の詳細は不明である。

#### 5 まとめ

受聴者の頭部方向を変えて反射壁近傍にある静止音源の音像定位実験を行った結果、受聴者が左壁と平行に向いた場合 ( $90^\circ$ ) では、低域成分が含まれている刺激音の音像は頭部側方に定位し、ITD が音像定位のずれに関与していることを再確認した。しかし、受聴者が反射壁に向いた場合 ( $0^\circ$ ) には音像方向と音源方向はほぼ一致した。また、受聴者が反射壁に背を向けた場合 ( $180^\circ$ ) には、高域成分だけが含まれている刺激音の音像も頭部後方に定位し、ILD が音像定位のずれに関与していることが示唆された。

各頭部方向条件でインパルス応答を測定し、反射音の到来と知覚の関係について詳細に調べることが今後の課題である。

#### 謝辞

本研究は科研費 (16H01736) による。

#### 参考文献

- [1] 倉地, 森川, 平原, "反射壁近傍における移動音源の音像軌跡の測定," 音講論 413-414, 2018.03.
- [2] 倉地, 森川, 平原, "音源近傍の反射壁が両耳特徴に及ぼす影響," 聴覚研究会資料, 47(7), 567-572, 2017.10.
- [3] 小島, 平原, "モノラル水平面音像定位," 電子情報通信学会技術報告 応用音響 EA2015-46, Vol.115, No.359, 31-36, 2015.12.

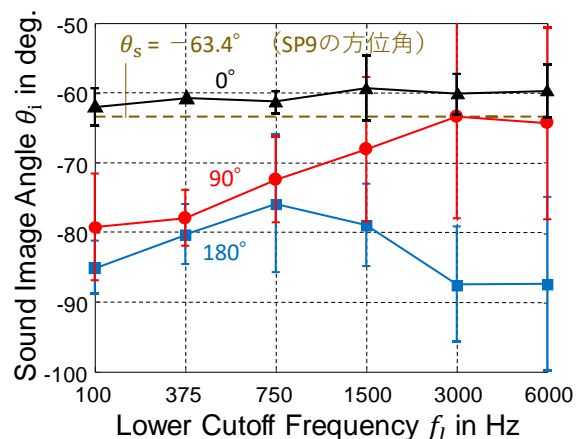


Fig.2 SP9 から呈示した刺激音の音像角度の平均値と標準偏差