

指差しによるバイノーラル再生音像の幅と方位の測定*

○ 平原達也, 岡田脩平 (富山県立大学)

1 はじめに

音像とは受聴者が聴覚を通じて知覚する音の形象で、主観的な音の方向、距離、広がりなどが含まれる。一つのラウドスピーカから放射した白色雑音を実耳で受聴した場合も、その音像は一点ではなく、上下左右に広がって聴こえる。これまで、「直接音の到来方向に先行音と時間的にも空間的にも融合して知覚される音像の大きさ」と定義されている、見かけの音源の幅 (AWS: apparent source width) に関する研究が積み重ねられており、AWS が両耳間相関度 (ICC: interaural cross-correlation) に関係することも明らかにされている^[1]。また、プロジェクタを利用して音像の大きさを直接スケッチする試みもなされている^[2]。

本稿では、バイノーラル収録した信号をイヤホン再生した音像の方位と幅を、モーションセンサをつまんで指差すことによって測定した結果について述べる。

2 方位角の指し示し精度

まず、被験者がどの程度の精度で実験者が指定した方位角を指し示すことができるかを確認する実験を行った。

方法: 各セッションでは、まず、椅子に座った被験者の頭頂部の中心にモーションセンサ (Ascension, Flock of Bird) を置き、その位置 (x_0, y_0) を測定し原点とした。その後、被験者は左手の指先でモーションセンサをつまみ、腕と指を伸ばして実験者が指定した左側前面の方位角 θ を水平面上で順次指し示していった (Fig. 1)。そのときのモーションセンサの位置から、指し示した方位角 θ_R を求めた。

θ は正面 (0°) から左横 (90°) まで 15° 間隔で順に指定していく場合と、7 方位をランダムに指定する場合の 2 条件で実験を行い、実験者は θ を口頭で指定した。被験者は 20 歳代の男性 4 名で、各条件について 3 セッションずつ測定を行った。

結果: 実験条件ごとに描いた、被験者が指し示した方位角 θ_R の実験者が指定した方位角

θ からのずれ $\Delta\theta = \theta_R - \theta$ の平均値 $\overline{\Delta\theta}$ と標準偏差を Fig. 2 に示す。

方位を正面から順に指定した場合、 $15^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ では $\overline{\Delta\theta} > 0^\circ$ で θ_R は過大評価され左側にずれ、それ以外の θ では $\overline{\Delta\theta} < 0^\circ$ で θ_R は過少評価され右側にずれた。また、前方では $\Delta\theta$ の標準偏差は小さいが、側方でのそれは大きかった。

方位をランダムに指定した場合、 $\theta = 0^\circ$ 以外で $\Delta\theta$ の標準偏差が大きくなったが、 θ に対する θ_R の評価傾向は θ を順に指定した場合と同じであった。

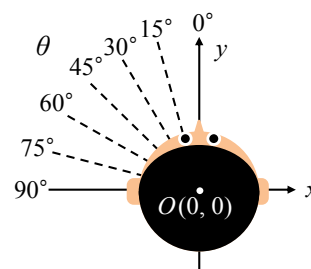


Fig. 1 モーションセンサの座標系と方位。
Oは頭部中心、 θ は正面が 0° の反時計回り。

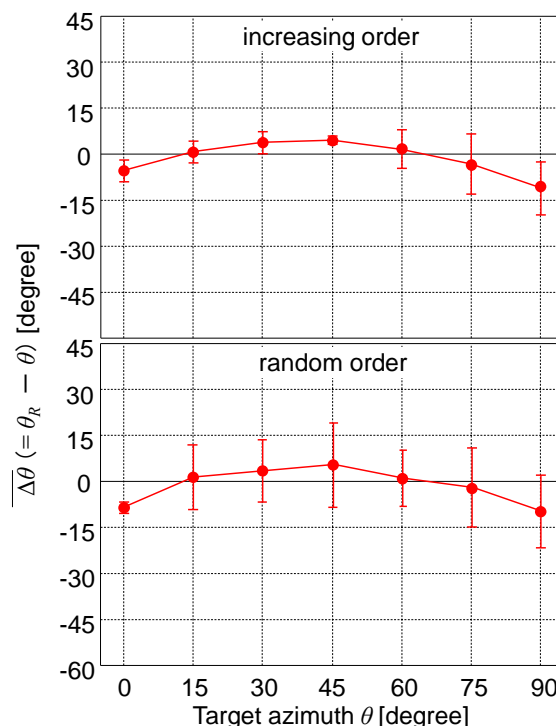


Fig. 2 方位 θ を順に指定した場合 (上) とランダムに指定した場合 (下) の、指差し方位角 θ_R と θ のずれの平均値と標準偏差

* Measuring orientation and width of a binaurally reproduced sound image on a finger-pointing task, by HIRAHARA Tatsuya and OKADA Shuhei (Toyama Prefectural Univ.)

3 バイノーラル再生音像の方位と幅

方法：頭部中心 O からの距離 $D_S=85\text{cm}$ 、方位 $\theta_S=\{0, 15, 30, 45, 60, 75, 90^\circ\}$ の位置 S に置いた小型ラウドスピーカ(Anthony Gallo, Micro) から放射した白色雑音($L_A=80\text{dB}$)を、被験者の両耳に耳栓マイクロホン(ATH-AD1000X)を装着してバイノーラル収録した。それらを開放型イヤホン(audio-technica, ATH-AD1000X)を用いてバイノーラル再生したものを刺激音とした。なお、AD/DA 変換器は UA101 (Roland)をサンプリング周波数 44.1 kHz で用い、収録系と再生系の周波数特性は 100Hz~20 kHz の間で平坦となるように補正した。

刺激音呈示時には閉眼かつ頭部を動かさないようにして、左手の指先でつまんだモーションセンサを、距離を合わせて音像の左右端間を何度か往復するよう被験者に指示し、その軌跡を記録した。被験者は 2 章の実験を行った 4 名で、音像幅を適切に描けるように 5 回ほど訓練をした後に本実験を行った。刺激音は 0° から順に呈示し、2 回実験を行った。

結果：Fig. 3 は、ある被験者が描いた各 θ_S の刺激音に対する音像幅の軌跡である。描かれた軌跡の両端 R^+ と R^- の座標の幾何平均座標(青丸)を音像の中心 R 、その角度 θ_R を音像方位、 R^+ と R^- 間の角度 θ_W を音像の幅とすると、Fig. 3 に示すデータでは、 θ_S が 30° の場合の θ_R は 37.2° 、両者の差 $\Delta\theta = \theta_R - \theta_S$ は 7.2° 、 θ_W は 41.0° であった。また、 O と R の距離を音像距離 D_R とすると、 D_R は 37.1 cm で音源距離 D_S の半分以下であった。

各 θ_S の刺激音に対する 4 名の被験者の $\Delta\theta$ の平均値 $\overline{\Delta\theta}$ と標準偏差、および θ_S と R^+ 、 R^- の方位との差の平均値 $\overline{\Delta\theta_{R^+}}$ 、 $\overline{\Delta\theta_{R^-}}$ を Fig. 4 に示す。自分の頭部を用いて収録したバイノーラル信号であるにもかかわらず、 $15^\circ \leq \theta_S \leq 60^\circ$ では $\overline{\Delta\theta} > 0^\circ$ で θ_R は過大評価されて左側へずれ、それ以外の θ_S では $\overline{\Delta\theta} < 0^\circ$ で θ_R は過少評価されて右側へずれた。ずれの量は少ないが、このずれの傾向は 2 章で述べた刺激音無しに手腕運動系のフィードバックだけで指差した心理的方位と実際の物理的方位とのずれの傾向と類似した。

4 名の被験者のバイノーラル再生音像の幅 θ_W の平均値は正面以外で $\pm 15^\circ$ 以下で、側方ほど狭かった。真正面の θ_W が大きいのは、音像までの距離が短いからかもしれない。

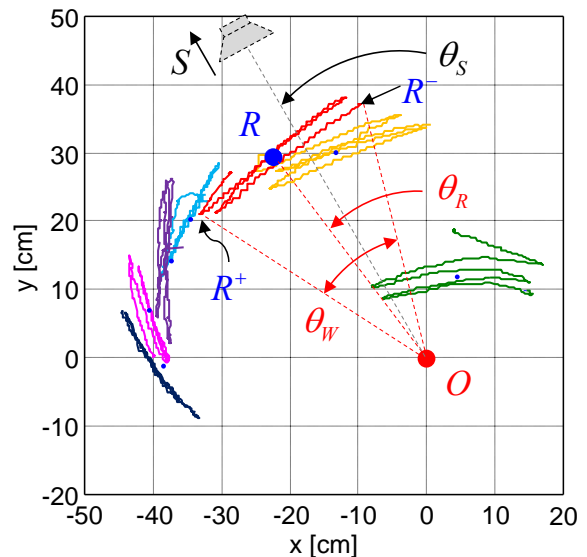


Fig. 3 ある被験者が描いた音像幅の軌跡

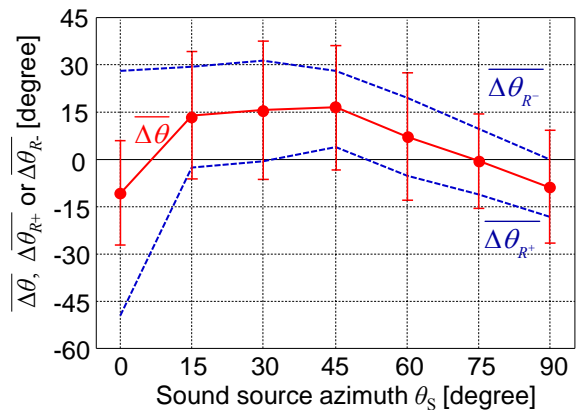


Fig. 4 音像方位 θ_R と音源方位 θ のずれの平均値と標準偏差(赤)、および音像の両端の方位と音源方位 θ のずれ(青破線)の平均値。音像の幅 θ_W の平均値は $\overline{\Delta\theta_{R^+}} - \overline{\Delta\theta_{R^-}}$ 。

4 まとめ

バイノーラル収録した信号をイヤホン再生した音像の方位と幅を、モーションセンサをつまんで指差すことにより測定した。音源方位が左半面 15° から 60° の刺激音に対する音像方位は 10° から 15° 左側へずれ過大評価されていた。音像の幅は正面以外で $\pm 15^\circ$ 以下で、側方ほど狭かった。

謝辞

本研究の一部は科研費(25330203)の助成を受けた。

参考文献

- [1] 飯田一博、森本正之 編著, 空間音響学, (コロナ社, 東京, 2010), pp. 34-44.
- [2] 山崎恒平, 他, 刺激の帯域幅とスケッチによる音源のイメージに関する一検討, 信学技報 115(369), EA2015-45, 27-30, 2015.