

音源の角度間隔が水平面音像定位実験に及ぼす影響*

○森川大輔, △柴野祥太, モクタリ パーハム (富山県立大)

1 はじめに

ヒトの聴覚特性や心理特性の調査や、立体音呈示システムの評価に、古くから音像定位実験が行われている[1]。音像定位実験を行う際の音源の配置方法は、実験者が実験目的に合わせて検討したものとなっている。そのため、多様な音源間隔で、円周上や円弧上、直線上などに音源を配置し、その全てや一部から刺激音を呈示することで音像定位実験が行われている。しかし、これらの音源の配置方法の違いによって音像の定位結果が影響を受けるかについては明らかになっていない。

本報告では、音源の配置方法によって音像定位実験の結果に影響があるかを確認するために、使用する音源の角度間隔を変えて行った水平面音像定位実験の結果について述べる。

2 実験方法

受聴者は20歳代10名(男性8名、女性2名)である。受聴者の最小可聴値を測定し健聴であることを確認している。

刺激音は白色雑音に200 Hzから20 kHzのバンドパスフィルタとラウドスピーカ(Micro satellite, Anthony Gallo)の逆フィルタを畳み込んで作成した広帯域雑音である。刺激音の持続時間は3 sとした。ラウドスピーカは高さ1.1 m、半径1 mの水平面円周上の24方向に15°間隔で中心に向けて設置し、全てのラウドスピーカから呈示した刺激音の中心位置での音圧レベルを70 dBとした。

Fig. 1 に実験システムを示す。刺激音の再生系はメイン PC (Windows 10, 64 bit)、DA 変換器 (Fireface UFX, RME)、パワーアンプ (CR-N755, ONKYO)、ラウドスピーカで構成されている。DA 変換器のサンプリング周波数は48 kHz、量子化精度は24 bit/sampleとした。実験システムは壁と天井に吸音材を貼り付け、床にフロアカーペットを敷き詰めた実験室に設置した。暗騒音レベルは53 dBであ

った。

回答は回答用 PC (Surface, Microsoft) とタッチペン (JTM-PD-000019, Just Mobile) を用いて行った。回答用 PC にはリモートデスクトップアプリケーション (AnyDesk, AnyDesk software) を用いてメイン PC の画面をミラーリングし、刺激音ごとの受聴者の回答を GUI で収集すると共に、回答後に次の刺激音を呈示した。

15°間隔 24 方向のすべての音源を用いた条件 (15°条件) と、30°間隔 12 方向の音源を用いた条件 (30°条件) の角度間隔条件で実験を行った。15°条件では、24 方向のラウドスピーカから3回ずつ計72回の刺激音をランダムに呈示する実験を1セッションとし、1被験者は7セッションの実験を行い1方向あたり21回の回答を得た。30°条件では、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する実験を1セッションとし、1被験者は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。また、5名の受聴者は15°条件を先に行い、5名の受聴者は30°条件を先に行った。

受聴者はラウドスピーカの中心に置いた椅子に座り実耳で受聴した。受聴者には刺激音の呈示中は目を閉じ、正面を向いて頭部を静止させ、刺激音の呈示後に目を開いて回答するよう指示した。回答は GUI 上で知覚位置を自由に点で示すことで行った。

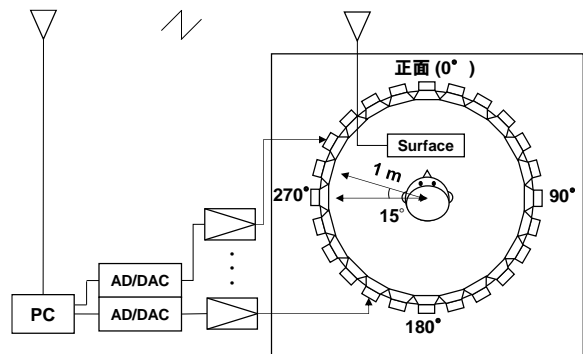


Fig. 1 実験システム

* Effect of angular distance between sound sources on horizontal plane sound image localization experiments, by MORIKAWA, Daisuke, SHIBANO, Shota, MOKHTARI, Parham (Toyama Prefectural University).

3 結果と考察

Fig. 2 に各条件の全受聴者の音像定位結果を示す。横軸は音源の方向、縦軸は回答された音像の方向である。角度は受聴者の正面を0°として時計回りである。右上がりの赤線は、音源の方向と音像が知覚された方向の差 $\Delta\theta$ が0、つまり一致することを示している。

Fig.3 に音源方向ごとの $\Delta\theta$ の平均と標準偏差を示す。音像が知覚された方向は、どちらの角度間隔条件でも斜め後ろ方向 (105°~165°、195°~255°) から呈示された場合に真横方向 (90°または270°)にずれていた。30°条件の呈示音源の受聴者ごとの $\Delta\theta$ の平均を用いて、角度間隔条件と呈示角度の2要因の分散分析を行った。その結果、音源の角度間隔に有意差はなく [$F(1,216) = 0.34$, n.s. (not significant)]、音源方向には有意差があった [$F(11,216) = 12.74$, $p < 0.001$]。したがって、音源の角度間隔による音像定位実験への影響は小さいと考えられる。

ただし、Fig.3 の120°や150°の結果では15°条件の方が30°条件より $|\Delta\theta|$ の平均が大きい。このような小さな違いで、研究目的や解析方法によっては音源の角度間隔による影響が生じる可能性がある。例えば、30°条件で用いた音源での定位結果について、 $\Delta\theta$ が $\pm 15^\circ$ 以内の割合(一致率)の全受聴者の平均を求めると、15°条件で85.2%、30°条件で91.0%であった。一部の角度で15°条件の方が $|\Delta\theta|$ の平均が大きくなった影響で、一致率が下がっている。受聴者ごとの一致率を用いて角度間隔条件の差についてt検定を行った結果、15°条件の一致率は有意に低かった [$t(9) = -5.18$, $p < 0.001$]。

また、呈示角度ごとの $\Delta\theta$ には違いがあるため、ある方向の $\Delta\theta$ など、細かい角度の定位精度を得るためには音源を細かく設置しなければならない可能性もある。特に、15°条件のみ行った音源角度75°、285°については、その他の斜め前方の音源方向と異なり、真横方向に大きくずれる傾向がみられた。音源方向によって $\Delta\theta$ が異なったのは、方向によって最小可聴角度(MAA) [1]が異なることによると考えられる。

4 まとめ

音源の角度間隔 15° および 30° で水平面音像定位実験を行った。その結果、音源の角

度間隔の変化が定位結果に与える影響は小さいものの、解析方法によっては影響を受ける可能性があることがわかった。

謝辞

本研究の一部は科研費(20K19828)の助成を受けた。

参考文献

- [1] ブラウエルト 他、空間音響, 鹿島出版会, pp.54-111, 1986.

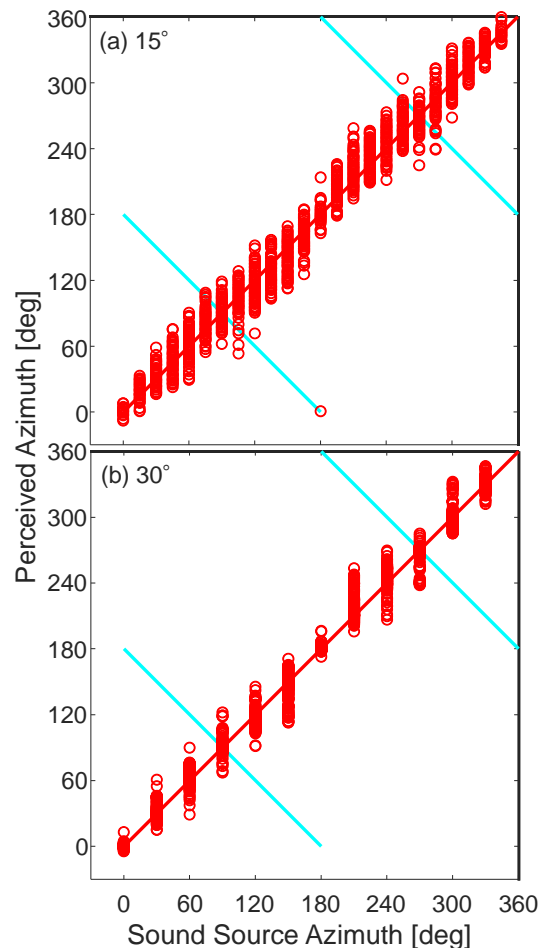


Fig. 2 音像定位結果

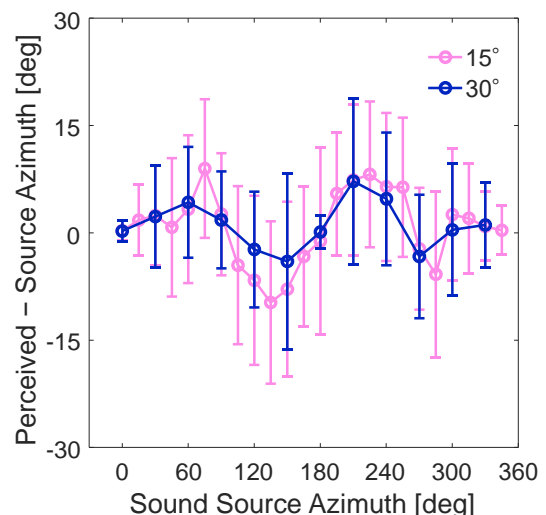


Fig. 3 音源角度と音像の知覚角度の差