

BoSC マイクロホンの小型化の検討 —心理評価実験によるシステムの評価—*

☆三浦一希, 伊勢史郎 (東京電機大)

1 はじめに

境界音場制御の原理に基づいた音場再現システム (BoSC システム)[1][2] が提案されている。BoSC マイクロホンとは、BoSC システムの収録用マイクロホンアレイであり、80 個の全指向性マイクロホンが取り付けられた C80 フラレーン分子構造を模した形状で、一人分の頭が入る程度の空間領域の大きさを想定しフレーム全体の直径は約 46cm に設計されている。

システムの普及にはデバイスの小型化・軽量化・低コスト化が重要な課題である。そこで現在、BoSC システムの実用性向上を目的としたマイクロホンアレイの小型化が検討されている。本稿では、物理的な検討 [3] の次の段階として、心理評価実験の結果を報告する。従来型の BoSC マイクロホンアレイと小型を用いた場合で、水平方向の音像定位実験によりマイクサイズに起因する周波数ごとの再現精度の違いが生み出す音像定位性能への関係を確認し、印象評価実験によりマイクサイズおよび受聴位置の変化による聴感印象、特に臨場感への効果を明らかにした。

2 水平音像定位実験

2.1 比較条件

原音場の再現に直径約 46cm (従来型) と 23cm (小型) のサイズが異なる BoSC マイクロホンを使用した BoSC システムを用いて比較した。

2.2 刺激

音源は、白色雑音 (全帯域) 及び中心周波数 0.5, 1, 2, 4, 8kHz, 1 オクターブバンドのバンドパスノイズ (BPN) の計 6 種類を用い、原音場における音源位置は、受聴者を中心に正面を 0° とし、水平方向に 30° 間隔で時計回りに -150° から 180° までの 12 方向、距離 1.5m、高さを受聴者の目線と同じ 1.2m とした。音源に対して、方向情報を持った伝達関数と音響槽の逆システムを畳み込んで 1s 間の刺激音を作成し、被験者の頭部中心位置で 60dB(A) となるように調整した。また、立ち上がり立下りには 30ms のコサインテーパをかけた。ただし伝達関数は自由音場を想定したシミュレーションにより作成し、逆システムは各 BoSC マイクロホンを使用した実測によるデータを用いて、最適化正則パラメータ法により作成した。録音時の BoSC マイクロホンの高さは、原音場、再現音場ともに 1.2m である。

実験では 1s の音刺激を 0.5s 間隔で 2 回繰り返したものを呈示刺激とし、刺激後の回答時間を 7s としたものを 1 試行とした。各方向毎に 5 試行ずつの計 60 試行を呈示したものを 1 セッションとし、それを一人の受聴者に対して各マイクサイズの各音源ごとに 1 セッションの計 12 セッション行い、セッション間は最低 10 分の休憩時間を挟んだ。呈示刺激は、受聴者間およびセッション間でランダムに呈示した。

2.3 手続き

聴力健常な 20 代の男女 10 名 (うち女性 1 名) が実験に参加した。受聴者は音響槽内の椅子に座り、刺激音の呈示中は正面を向いて頭部を制止させ、呈示が終わった後に回答するように指示した。回答は、音響槽の壁面に被験者から見える各方向を示すシールを 5 度ごとに張り付け、受聴者はそれらを参考にして刺激音の方向を 5° 間隔で回答用紙に記入した。実験は、全帯域、BPN500Hz、BPN1kHz、BPN2kHz、BPN4kHz、BPN8kHz の順で行った。

2.4 結果

Fig.1 に音源方向を正しく判断した割合について、それぞれの受聴者 10 名の各実験条件の平均値と標準誤差をまとめたものを示す。ただし、正誤の判定は、音源方向の $\pm 15^\circ$ 以内に回答していれば正しく判断できていることとした。全帯域と各 BPN ごとに受聴者およびマイクサイズを因子として定位正答率について分散分析を行った結果、マイクサイズの違いに BPN4kHz で $p < 0.005$ の有意差があり、受聴者の違いに全帯域および BPN500Hz、BPN1kHz、BPN2kHz で有意差があった (全帯域: $p < 0.001$, 500Hz: $p < 0.005$, 1kHz, 2kHz: $p < 0.05$)。

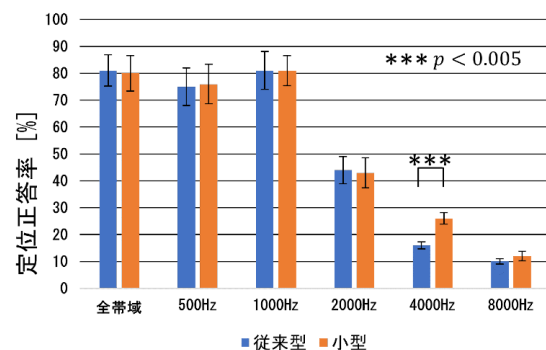


Fig. 1 定位正答率の平均値と標準誤差

*Study on the downsizing of the microphone array of the BoSC system -Psychological experiment for system evaluation- . by MIURA, Kazuki, ISE, Shiro(Tokyo Denki University)

3 印象評価実験

3.1 比較条件

原音場の再現に使用するマイクサイズの違い(従来型と小型)と受聴位置の違いを実験因子とした。受聴位置は、再現音場である音響樽の中心、すなわち再現領域の中心(Center)とその後方20cm(Back)の2条件を設定した。後方20cmは、理論上の小型マイクの再現領域の外かつ従来型の再現領域の内側に位置する。

3.2 刺激

音源は、男女2名の約10sの会話音声[4]を使用した。原音場における受聴者との位置関係は、受聴者から距離0.5m、高さ1.2m、正面を0°としたとき水平方向に左45°、右45°の位置にそれぞれ女性と男性の声を割り当てた。呈示刺激は頭部中心位置で60dB(L_{Aeq})となるように調整した。刺激の作成は2章の水平音像定位実験と同様である。

3.3 手続き

被験者は音響樽内のCenterもしくはBackのどちらかに設置した椅子に座り、スピーカ・アレーから再生される従来型もしくは小型の音声刺激を聴取した。10sの刺激呈示後、下記に示す4つの質問項目(Q1:音質に違和感を感じるか; Q2:話者が自分と同じ空間にいるように感じるか; Q3:方向感を感じるか; Q4:距離感を感じるか)に、「1.全く感じない」から「7.とても感じる」の7段階で評価するよう被験者に求めた。刺激音の呈示中は頭部の水平方向の回転のみ自由とした。

聴力健常な20代の男女11名(うち女性1名)が実験に参加し、マイクサイズと受聴位置の各組み合わせで、全被験者合計110の回答を得た。順序効果を考慮し、呈示刺激は被験者間およびセッション間でランダムに呈示し、受聴位置の後先も被験者間でバランスさせた。

3.4 結果

実験で得られた評価値をカテゴリー判断の法則に乗っ取って尺度値変換した値を被験者個人ごとに算出し、評価値とした。マイクサイズ因子に関して被験者全員の平均評価値と標準誤差をFig.2に示す。評価項目ごとに、各条件の評価値を2要因の分散分析にかけたところ、どの質問項目に対しても交互作用は認められず、各要因の主効果が認められた。マイクサイズ因子は、Q1およびQ2において従来型に比べて小型の場合で有意に評定値がQ1では低く、Q2では高かった(Q1:p<0.001, Q2:p<0.001)。一方、Q受聴位置因子についてはQ1とQ3、Q4に関してBack条件に比べてCenter条件の場合で有意に評定値がQ1では低く、Q3、Q4では高かった(Q1:p<0.05, Q3:p<0.05, Q4:p<0.01)。

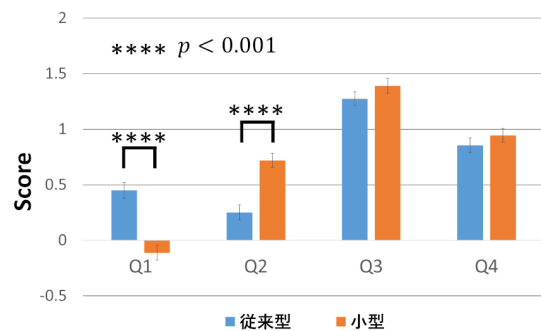


Fig. 2 マイクサイズ因子の平均と標準誤差

4 考察

Fig.1より従来型システムはBPN4kHz、BPN8kHzともランダムに答えているのと変わらないほどの正答率であり、正しい音像定位は得られていない。一方、小型マイクでは、BPN4kHzにおいて従来型に比較して正答率が高くなっている。これは小型化による空間的なマイク密度の増加に伴う制御帯域の向上によりわずかに方向を持った波面の再現ができ、方向判断の手がかりが増えたためと考えられる。

Fig.2より各評価項目で小型の成績が従来型に劣っていないことから再現領域がマイクフレーム外にも及んでいることが示されたが、むしろ優れた結果を出したことについては臨場感を音像定位以外の部分で感じていたことが示唆され、より詳細な評価軸での検討が必要であると考えられる。また、再現精度はCenterがBackよりもQ2以外の項目で有意に良く評価されていることから、マイクフレーム内の再現領域間で再現精度に差が生じていることが示された。

5 おわりに

BoSCマイクロホンの小型化を目的として2つの心理評価実験を行った。オークターバンドパスノイズを音源とした音像定位実験で定位精度への影響を検討した結果、中心周波数4kHzの音源で有意差が見られ、小型化による高帯域の定位精度の向上を確認した。また、印象評価実験により会話音声に限定した音場再現について小型BoSCマイクロホンの使用による臨場感の劣化がなく、再現領域も実用上の問題がないことが示された。今後は、楽器演奏や自然音など他音源に対しても検討を進めていきたい。

参考文献

- [1] 伊勢史郎, 音講論(秋), 3-5-13, 2011.
- [2] 伊勢史郎, 音講論(秋), 2-6-15, 2014.
- [3] 梶田, 三浦, 信学技報, vol.117, no.255, EA2017-50, pp.35-39, 2017.
- [4] 小林ひとみ, “初級から始めよう日本語会話トレーニング,” アスク出版, UNIT17-2(p54)