

“音響樽”の音像定位に関する実験的検討 —BoSC再生システム96 chと62 chの比較—*

☆山下真依[†], 中島宏毅[†], 小林まおり[‡], 池田雄介[†], 榎本成悟 (NICT/CREST),
上野佳奈子[‡], 伊勢史郎[†], (†京大/CREST, ‡明治大/CREST)

1 はじめに

我々は、物理的に忠実な3次元音場再現を目的として、境界音場制御の原理を用いた3次元音場再現システム（以下、BoSCシステム）の提案を行っている[1]。BoSC再生システムに関しては、すでに2段階の研究フェーズを終え[2, 3]、現在開発中のBoSCシステムは第3世代と位置づけられる[4]。第3世代では、音を聴くだけでなく、演奏もできるような形状を目指し、断面が九角形の樽形状を採用した。第2世代BoSCシステム（以降、旧システムと呼ぶ）[3]と第3世代BoSCシステム（以降、音響樽と呼ぶ）[4]の内観報告を複数の音響専門家にももらったところ、音響樽の方が臨場感が高いという評価を得ている。その臨場感の高さが、どのような音響心理的特徴によるものかを判断するために、本研究ではその第一歩として音像定位に着目する。すなわち、上記2種類のBoSCシステムについて、水平面、鉛直面、奥行の3ブロックに分けて定位実験を行い、比較検討する。

2 実験方法

2.1 システム

旧システムは、1.5帖の組立式の防音室の内部に62個のスピーカユニットを設置したものである。スピーカシステムは4層の架台から成る楕円形のドーム部とドーム構造部を支える木製の4本の柱部から構成される。4層の各架台には上からそれぞれ6個、16個、24個、16個のフルレンジユニットが設置されている[5]。音響樽は、平面が正九角形の樽型形状、内寸は中央直径が1950 mm、高さが2150 mmである。床面を除く全ての構成面に合計96個のフルレンジスピーカを設置している[4]。

2.2 呈示条件

原音場における音源位置は以下の通りである。

1. 水平ブロック: 被験者の耳の高さの水平面内で半径2 mの円周上360°において、真正面を含む15°刻みの24条件

2. 仰角ブロック: 被験者の真正面を含む鉛直面内で半径2 mの円周上において、真正面から真上までの90°の範囲内、15°刻みの7条件
3. 奥行ブロック: 頭部中心を距離0として、真正面の方向に、30, 60, 90, 120, 160, 240 cmの6条件

2.3 刺激

刺激音の作成は全てシミュレーションで行った。まず自由空間を想定し、上記呈示条件で想定した音源位置から制御点までのインパルス応答と1秒間のピンクノイズ(10 msのフェードイン/アウト処理)を畳み込み、原音とした。さらに、二種類のBoSCシステム再生のための逆フィルタを畳み込むことで、スピーカに入力する信号を求めた。逆フィルタは、それぞれの装置内で80 ch フラレン型マイクロホンアレイを使用して収録したインパルス応答を用いて作成したものである。この入力信号を0.5秒間隔で3回呈示したものを1刺激とする。刺激の音圧レベルは、全条件において被験者の頭部中心位置で60 dB(A)となるように調整した。

2.4 手続き

聴覚健全な成人男女8名が実験に参加した(うち男性4名、平均年齢21.3歳)。水平、仰角ブロックでは、どの位置から刺激が呈示されたかを図示で回答させた。奥行ブロックでは、マグニチュード推定法を用いて測定を行った。100 cmの位置から呈示される基準刺激と比較して、その後呈示する比較刺激がどの位置から呈示されたかを数値で回答させた。刺激呈示中は頭部の動きを許容した。実験するシステムの順番は被験者間でカウンターバランスをとった。各呈示条件はそれぞれ10回とし、呈示する順番はランダムであった。

3 結果と考察

Fig.1~Fig.3にそれぞれ水平、仰角、奥行ブロックの被験者間の平均角度と標準誤差を示す。水平軸は各ブロックにおける呈示条件を示す。

*Sound localization experiment of "Sound Cask"-comparison between 62-channel and 96-channel sound field reproduction systems based on the BoSC principle. by YAMASHITA, Mai[†], NAKAJIMA, Hiroki[†], KOBAYASHI, Maori[‡], IKEDA, Yusuke[†], ENOMOTO, Seigo (NICT/CREST), UENO, Kanako[‡], ISE, Shiro[†], (†KYOTO univ./CREST, ‡MEIJI univ./CREST)

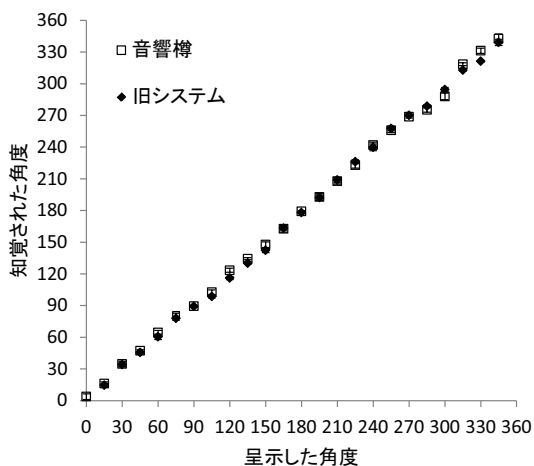


Fig. 1 水平ブロックの結果

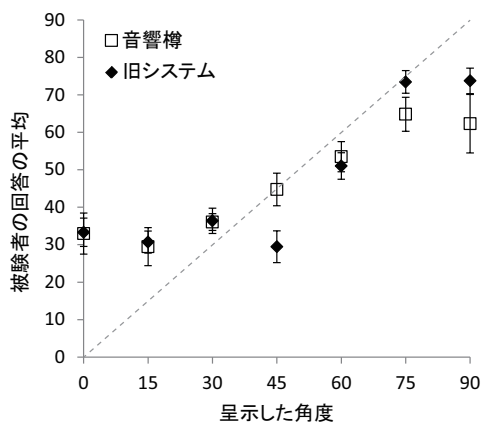


Fig. 2 仰角ブロックの結果

水平ブロック (Fig.1) では、全角度の平均誤差は旧システムで約 6.35°, 音響樽で 7.46° となり、知覚された角度は呈示した角度とほぼ一致したと言える。

仰角ブロック (Fig.2) では、全角度の平均誤差は旧システムで約 19.8°, 音響樽で 21.1° であり、水平ブロックと比較して大きくなった。実音源を用いて自由音場で行われた定位実験でも、水平に比べて仰角の定位の相関係数が小さくなったという報告がなされている [6]。また、方位角 0° の場合、仰角 0° 付近では他の仰角に比べて定位の誤差は小さくなる傾向があることが報告されている [6] が、本研究においては 0° の角度条件を呈示した場合にエラーバーが大きくなり、やや上方に定位する傾向が見られた (両システムの平均 33.1°)。これまでの両システムの内観報告では、原音場における制御領域の中心が地面から 120 cm の高さに位置する音場を再現しても、制御領域の中心に位置する頭部がまるで地面付近にあるように感じる、という報告が成されており、本研究の結果と傾向が一致している。さらに、仰角 90° においても呈示条件よりやや下方に定位する傾向が見られ (両システムの平均 68.0°)、仰角 45° 付近に回答が集中した。

奥行ブロック (Fig.3) では、どちらのシステムにお

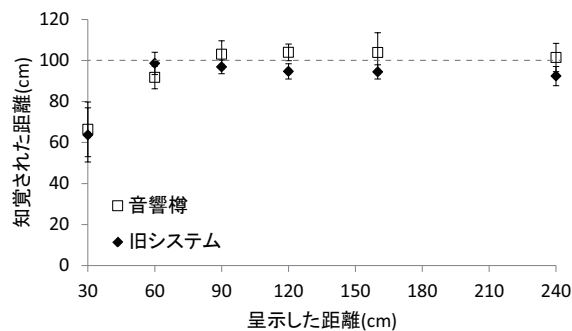


Fig. 3 奥行ブロックの結果

いても距離条件 30 cm の場合には基準音よりも概ね距離が短いと回答していたが、距離条件 60 cm 以降については 100 cm 付近に知覚する傾向がある。事前に自由音場にて行った予備実験では、基準音より遠い条件に関しても、呈示した距離が大きくなるにつれて被験者の回答も大きくなる傾向が見られた。これより、BoSC システムにおいては距離条件 100 cm 以降は条件間の差を知覚しにくいことが示唆されるが、自由空間を想定した刺激で音圧を揃えたため、差を感じることは難しかったと考えられる。

また、それぞれのブロックの結果に対して 2 元配置分散分析を行ったところ、2 つのシステム間に有意差は見られなかった。旧システムと比較すると、音響樽では制御点からスピーカまでの距離が遠く、また各スピーカ間の距離が大きい、等の特徴があるが、制御点の数を揃えたシステムを用いた場合には音像定位精度は変わらないことが示唆された。

4 むすび

本報では、旧型と樽型の 2 種類の BoSC システムについて、水平面、鉛直面、奥行の 3 ブロックに分けて定位実験を行い、比較検討を行った。その結果、すべてのブロックにおいて 2 つのシステム間で有意差は見られず、音像定位精度は変わらないことが示唆された。今後さらに異なる条件で定位実験を行う必要はあるが、再現される音場の違いを明らかにするためには、定位実験に留まらず研究を進めたい。

参考文献

- [1] 伊勢, 日本音響学会誌, 706-713, 1997
- [2] 岡田 他, 日本音響学会誌, 32-41, 2006
- [3] 伊勢 他, 音講論 (春), 585-586, 2007
- [4] 伊勢, 音講論 (秋), 3-5-13, 2011.
- [5] S.Enomoto *et al.*, Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display, France, June, 2008.
- [6] Wightman.FL and Kistler.DJ, J.Acoust.Soc. 85(2), 868-78, 1989.