

主観評価による多チャンネル3次元音場再現システムに適した
再生コンテンツの選定*

○濱村真理子, 市原円, 高以良光, 櫻井昶, 浅井拓朗, 尾本章 (九大・芸工, JST/CREST)

1 はじめに

これまで、境界音場制御 [1] の音場再現手法に則り開発された 3 次元音場再現システム「音響樽」[2] を用いて、再現される物理指標や、主観評価の観点からその再現性能について検討が行われてきた [3,4]。再現された音場に対する主観評価は主に「心を揺さぶる」などの「感動」の要素を排除した臨場感の観点から検討されている [4]。しかし、臨場感だけでなく生起される感動の種類やその大きさはコンテンツによって異なる可能性がある。さらに、コンテンツ自体の印象評価が再現音場の評価に影響を与える可能性もある。そのため、臨場感だけでなく、感動や印象評価といった主観的観点から音場再現に適すると評価されるコンテンツが有する特徴を把握する必要があると考えられる。そこで、本研究では、3 次元音場再現システムに適したコンテンツの選定を、臨場感、感動、印象評価の 3 側面に着目した主観評価実験により行う。

2 主観評価のための評価語抽出実験

再生コンテンツの印象評価に用いる評価語の選定を行った。

2.1 実験条件

被験者は 21 歳から 30 歳の九州大学の学生 17 名 (男性 8 名, 女性 9 名) である。評価対象コンテンツおよびその提示音圧レベルは、ホールでのパイプオルガン演奏 (69 dB)、旅客機の頭上通過音 (57 dB)、バイクの周回音 (54 dB)、ホールでのオーケストラ演奏 (62 dB)、竹やぶの音 (50 dB) とした。各コンテンツの提示音圧レベルは実験者 4 名 (男性 2 名, 女性 2 名) が各コンテンツを聴く際に「ちょうどよい」と感じる大きさとして調整した音圧レベル (最適聴取レベル) をもとに設定した等価騒音レベルの値である。各コンテンツの提示順序は被験者毎にランダムとした。

2.2 実験方法

先行研究で臨場感、感動、空間印象や音楽および自然環境音の印象評価に用いられた評価語から 107 個を選出した [4-7]。記述選択法 [6] により、各評価語が再生されるコンテンツの印象評価に適するかどうかを「適する」「適さない」の 2 択で被験者に選定させた。

2.3 実験結果と解析

被験者が評価に適するかを選定した評価語について、クラスタ分析 (グループ間平均連結法) を行った。得られたデンドログラムから、相関係数が 2.5 までの結合を見ると 14 のクラスタに分類された。各クラスタに含まれる評価語のうち、「標準偏差が最も高く、選択率が 50 % 以上である」ものを本実験で用いる評価語として抽出した。なお、この条件に当てはまる評価語がクラスタに存在しない場合には、「標準偏差が 2 番目に高く、選択率が 50 % 以上」の条件に当てはまる評価語を抽出した。いずれの条件にも当てはまる評価語が存在しないクラスタからは評価語を抽出しなかった。以上の検討から、Table 1 に示す 11 個の評価語が抽出された。なお、これらの評価語に加え「ひと気を感じる」も抽出されたが、本研究で用いる先行研究により抽出された臨場感の評価語 [4] に「人の存在を感じる」が含まれていたため除外した。

3 最適聴取レベルの測定実験

再生コンテンツの提示音量を決定するために、最適聴取レベルの測定を行った。

Table 1 Extracted assessment words.

きれいな	響きが豊かな
さわやかな	距離感がつかめる
はっきりした	音響空間に奥行きを
厚みのある	感じる
新鮮な	音響空間の横幅が広い
人の注意をひく	音が横から聞こえる

* The selection of suitable sound contents for the multi-channel 3D sound field reproduction system by subjective evaluation, by HAMAMURA, Mariko, ICHIHARA, Madoka, TAKAIRA, Hikari, SAKURAI, Takeru, ASAI, Takurô and OMOTO, Akira (Kyushu University, JST/CREST).

Table 2 Information of sound contents used in experiment and its optimum listening levels.

No.	主な音	L _{Aeq} [dB]
1	パイプオルガン演奏	65.7
2	旅客機の通過音	53.5
3	駅ホームでの電車通過音	58.6
4	バンドの演奏	58.1
5	森林でのギター演奏	66.8
6	能楽	60.8
7	ガムラン演奏	58.9
8	女声の歌声	61.3
9	バイクの周回音	52.9
10	オーケストラの演奏	64.4
11	オーケストラのリハーサル (男女の会話音声含む)	58.1
12	男声の朗読	49.9
13	男声の輪唱	55.5
14	竹やぶの音	46.1
15	蟬の鳴き声	58.7
16	会話音声 (飲食店)	46.4

3.1 実験条件

被験者は 21 歳から 30 歳までの九州大学の学生 18 名 (男性 9 名, 女性 9 名) である。実験に用いるコンテンツは Table 2 に示す 16 種類とした。

3.2 実験方法

各コンテンツはほとんど聴こえない音圧レベルから再生を開始した。被験者には iPad 上に表示されたフェーダーを自由に操作することで各コンテンツを聴く際に「ちょうどよい」と感じられるように音量を調整するよう教示した。このとき、フェーダーの調整値が被験者に見えないよう iPad にカバーをつけた状態で実験を行った。

3.3 実験結果と解析

得られた最適聴取レベルを Table 2 に示す。パイプオルガンやバンド、オーケストラの演奏は最適聴取レベルが高く設定される傾向にある。このような傾向について統計的に検討するために、コンテンツと性別を変量とした 2 元配置の分散分析を行った。その結果、コンテンツの主効果のみが有意確率 1 % で認められ ($F(15,256) = 13.727, p < 0.01$), 性別の主効果および刺激と性別の交互作用は認められなかった。Tukey の多重比較の結果、音楽コンテンツは他のコンテンツに比べて最適聴取レベルが有意に高く設定されていた。

4 主観評価実験

第 2 章, 3 章の結果を踏まえて, 多チャンネル音場再現システムに適する再生コンテンツ選定のための主観評価実験を行った。

4.1 実験条件

被験者は 19 歳から 24 歳までの九州大学の学生 18 名 (男性 9 名, 女性 9 名) である。実験では Table 2 に示すコンテンツのうち, 1, 4, 13, 15, 16 を除いた 11 種類を Table 2 に示す最適聴取レベルに設定し, ランダムに呈示した。

4.2 実験方法

先行研究により選定された臨場感の評価語 12 個 [4], 感動の評価語 12 個 [5] に第 2 章で得られた印象評価語 11 個を加えた合計 35 個の評価語を用いて実験を行った。被験者は各コンテンツに対して 35 個の評価語を「1: 非常に当てはまらない」から「7: 非常に当てはまる」までの 7 段階で評価した。

4.3 実験結果と分析: 臨場感

得られた臨場感の評価に対して, 因子分析 (主因子法・プロマックス回転) を行った。その結果, 共通性が低い評価語や 2 つの因子に対して高い因子負荷量を持つ評価語が存在した。そのため, これらの評価語を除いた 8 個の評価語を対象に再び因子分析を行い, 固有値が 1 以上となることを基準に 2 因子を抽出した。なお, 先行研究 [4] では臨場感の評価を行った際に 3 因子が抽出されているが, これは分析のために除外した評価語の影響であると考えられる。各因子に含まれる評価語および因子負荷量を Table 3 に示す。第 1 因子は「音の動き, 方向」に関する評価語の因子負荷量が高いことから「音源定位因子」として解釈した。第 2 因子は「リアクションした

Table 3 Assessment words for factor analysis and the factor loadings.

評価語	因子 1	因子 2
音に距離感を感じる	0.796	-0.059
音に方向感を感じる	0.727	-0.026
音に動きを感じる	0.685	-0.125
自分がその場にいるように感じる	0.563	0.218
いろいろな音が聞こえる	0.479	0.067
リアクションしたくなる	0.049	0.648
楽しめる	-0.038	0.503
緊張感のある音である	-0.074	0.389

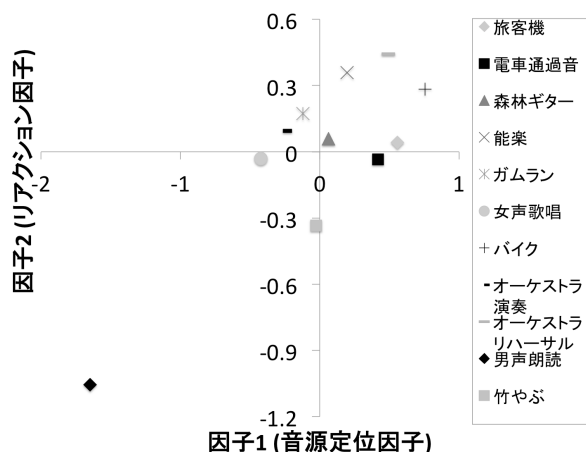


Fig. 1 Factor scores of 'Sound localization' and 'Reaction'.

くなる」という評価語の因子負荷量が高いことから「リアクション因子」として解釈した。

これらの因子を2軸にとり、因子得点を表した結果を Fig. 1 に示す。音声が含まれるオーケストラのリハーサルや能楽などの音楽コンテンツと、バイクの周回音や旅客機の通過音などの移動性コンテンツが音源定位、リアクション因子ともに因子得点が高い。これは、これらのコンテンツが声や音の方向性、距離感の変化を多く含むためであると思われる。一方で、声の到来方向が一定で距離感の変化も無い男声の朗読は両因子とも因子得点が著しく低くなっている。このことから、臨場感の評価には声や音の方向性、距離感の変化が含まれることが強く影響すると考えられる。

4.4 実験結果と分析:感動

次に、感動の評価について検討する。大出ら [5] は感動の評価語 12 個を 7 つの下位尺度に分類している。これに従い、本研究でも評価語をそれぞれ充溢、享受、魅了、興奮、歓喜、悲痛、覚醒の 7 つに分類して考察する。各尺度に対する刺激毎の平均評価値を、評価値の高かった刺激群、中程度の刺激群、低かった刺激群の 3 群に分けて Fig. 2 に示す。森林でのギター演奏やオーケストラ演奏などの音楽コンテンツの場合、いずれも感動価が高い。一方で、同じ音楽コンテンツであるが普段馴染みの薄い能楽とガムラン、そして自然環境音である竹やぶの感動価は 4 (どちらも無い) 程度であり、あまり感動を生起していないと言える。さらに、旅客機や電車の通過音、バイクの周回音や男声の朗読などのコンテンツはいずれも感動価は低い。

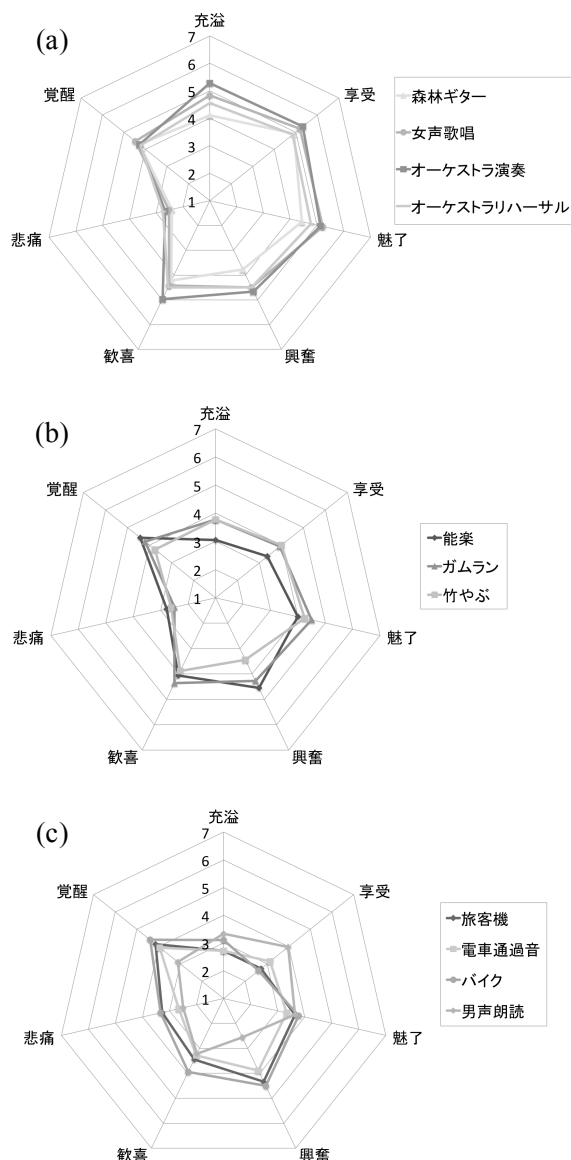


Fig. 2 Average evaluated value for 'Excitement'. (a) Higher excited sound contents. (b) Moderate excited sound contents. (c) Lower excited sound contents.

4.5 実験結果と分析:印象評価

最後に、第2章の検討により抽出された評価語を用いたコンテンツの印象評価結果について考察する。4.3 節と同様に得られた評価結果に対して因子分析を行ったが、「距離感がつかめる」「新鮮な」の因子負荷量がすべての因子に対して低かった。そのため、これらの評価語を除いた 9 個の評価語を対象に再び因子分析を行い、固有値が 1 以上となることを基準に 4 因子を抽出した。各因子に含まれる評価語および因子負荷量を Table 4 に示す。

第1因子は「響きが豊かな」「きれいな」などの因子負荷量が高いため、「豊かさ因子」として解釈した。第2因子は「音響空間の横幅

Table 4 Assessment words for factor analysis and the factor loadings.

評価語	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
響きが豊かな	0.945	-0.057	-0.068	-0.030
きれいな	0.642	-0.212	0.321	-0.037
音響空間の横幅が広い	0.576	0.155	-0.046	-0.010
音が横から聞こえる	0.115	0.865	0.038	-0.038
音響空間に奥行きを感じる	-0.213	0.725	0.133	-0.064
さわやかな	0.356	0.492	-0.069	0.149
はっきりした	-0.022	0.148	0.833	0.020
人の注意をひく	-0.065	-0.067	0.190	0.707

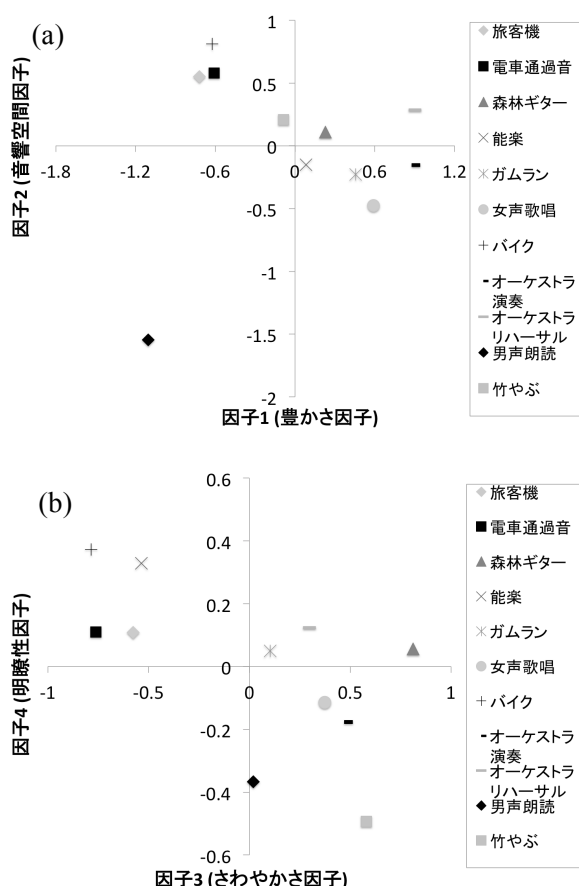


Fig. 3 Results of factor analysis of subjective impression. (a) Factor scores of 'Abundant' and 'Acoustic space'. (b) Factor scores of 'Breezy' and 'Clarity'.

や奥行き」に関する評価語の因子負荷量が高いため、「音響空間因子」として解釈した。同様に、第 3 因子は「さわやかさ因子」、第 4 因子は「明瞭性因子」として解釈した。第 1 因子と第 2 因子、第 3 因子と第 4 因子をそれぞれ 2 軸に取り、因子得点を表した結果を Fig. 3 に示す。音楽コンテンツは豊かさ、さわやかさの因子得点は高いが、音響空間、明瞭性の因子得点は低い。一方で、旅客機や電車通

過音などの移動性コンテンツは豊かさ、さわやかさは低い音響空間、明瞭性は高い。男声の朗読はさわやかさを除くすべての因子で因子得点が低くなっている。

5 まとめ

オーケストラなどの音楽コンテンツは臨場感、感動、印象評価のほぼすべての評価が高かった。さらに、旅客機や電車の通過音などの移動性コンテンツは、感動などの評価は低い、音源定位や音響空間に関する評価が高かった。一方で、音楽性、移動性のどちらも含まない男声朗読コンテンツは全体的に低い評価となった。以上のことから、音場再現システムに適するコンテンツには音楽性、もしくは音の方向性、移動性が重要となることが示された。なお、竹やぶの音はほぼすべての観点において中間的な評価であったが、実験後の内観報告では被験者から高い評価を得ていた。このことから、自然環境音を対象とする場合には、本研究で検討した 3 つの観点以外にも適するコンテンツを選定するための指標を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 伊勢, 日本音響学会誌, 53 (9), 706-713, 1997.
- [2] Omoto *et al.*, Acoust. Sci. Tech., 36 (1), 1-11, 2015.
- [3] 浅井他, 音講論 (秋), 711-712, 2014.
- [4] 小林他, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 19 (1), 2014.
- [5] 大出他, 情報処理学会論文誌, 50 (3), 1111-1121, 2009.
- [6] 難波, 桑野, 音の評価のための心理学的測定法, コロナ社, 1998.
- [7] 安倍他, 日本音響学会誌, 54 (5), 343-350, 1998.