

## 3次元音場再現の付加価値 —一般聴取者と音響専門家の比較—

☆小橋宏紀, 小林まおり, 上野佳奈子 (明治大/JST, CREST)  
尾本章 (九大・芸工/JST, CREST)

### 1 はじめに

3次元音場再現システムでは、その高い空間再現性により高い臨場感や人の実在感を提供することが期待されている。こうした特性が音コンテンツの聴取体験にもたらす付加価値を明らかにするため、我々はこれまで音響専門家[1]および一般聴取者[2]を対象に評価実験を行ってきた。それらの結果から聴取者の属性によって3次元音場再現の付加価値が異なる可能性が示唆された。そこで本研究では一般聴取者を被験者とした既報[2]と同一の試聴実験を、音響専門家を対象にして行い、被験者の属性によるコンテンツの好みや音場再現の付加価値の違いについて比較・検証した結果を報告する。

### 2 実験方法

既報[1-2]と同様のシステム、試験音および手続きを用いて実験を行った。以下に簡単に各項目について記す。

#### 2.1 実験システムと再生条件

実験では、境界音場制御の原理[3]に基づき開発されたシステムを用い試験音を作成し、音響樽[4]で呈示した。

再生条件として、Valid, Invalid, 2 ch の3条件を設定した。Valid条件では境界音場制御の原理に基づいて設計された逆システムを各制御点で収録された信号に重畳し、96 ch のスピーカで再生した。3次元再現された音場条件であり、3条件のうち最も空間再現性が高い。2 ch 条件では、逆システムを重畳せずに2点で収録された信号を被験者の前方30°に位置する2 ch のスピーカで再生した。Valid条件比べ、空間の広がり再現されていないという特徴がある。Invalid条件では各信号に適用する逆システムをランダムに割り当て、96 ch のスピーカで再生した。2 ch 条件に比べ

て空間の広がりなどの空間性は感じられるが、2 ch や Valid 条件に比べ定位感は得られ難いという特徴があった。

#### 2.2 試験音

実験で用いたコンテンツを Table 1 に示す。予備的検討をもとに、「場が特殊」(A~C)「場が特殊かつ音源が近く、生々しい」(D~F)「音源が近く、生々しい」(G, H)「音楽コンテンツのスピーカ再生」(I, J)「サウンドスケープ(環境音)」(K~M)という特徴をもつ計13コンテンツを選択した。各コンテンツの時間長は、約1min程度とした。各コンテンツをそれぞれ上述の3条件で再生し、試験音とした。各条件の音圧レベルおよび周波数特性(1/1 oct.帯域(31.5~16kHz))は、再生システム内の頭部中心位置でコンテンツごとに統一した。

#### 2.3 被験者

一般聴取者と音響専門家の2群を設定した。一般聴取者は、20~50代の音響関連以外の職種である成人男女16名(女性7名、平均年齢28.1歳、SD±10.47歳)であった。音響専門家は、20~50代の音響に関する職種の成人男女16名(女性1名、平均年齢36.3歳、SD±9.57歳)であった。

#### 2.4 手続き

被験者は音響樽内の中心の椅子に座し、コンテンツごとに3再生条件を続けて聴取した。1条件を聴取後、各評価項目(Table 2)に対して5段階で回答した。各コンテンツについて3条件すべての評価終了後、総合評価として「楽しめた-つまらなかった」の評価を-100~+100までの数直線上に示させた。全てのコンテンツの評価終了後、インタビューを行い、コンテンツの好嫌や総合評価の判断基準、3次元音場再現の付加価値について質問した。

---

\* The extra value of a 3-D sound field reproduction -Comparison between general listeners and acousticians-, by KOBASHI, Hiroki, KOBAYASHI, Maori, UENO, Kanako (Meiji University / JST,CREST) and OMOTO, Akira (Faculty of Design, Kyusyu Univ, / JST,CREST).

Table 1 実験で用いた音コンテンツ

No.	コンテンツ	dB A	音源までの距離 [m]	音源の方向	音源の個数 [個]	コンテンツの特徴
A	パイプオルガン@教会	84.0	22	前方	1	場が特殊
B	女性歌手ライブ@スタジオ	72.2	10~13	前方	3	場が特殊
C	オーケストラの演奏@コンサートホール客席	75.0	15~20	前方	約 20	場が特殊
D	オーケストラの演奏@コンサートホールステージ	82.0	2~8	前方	約 20	場が特殊かつ音源が生々しい
E	ヴァイオリン独奏@コンサートホール客席	70.0	5	前方	1	場が特殊かつ音源が生々しい
F	能@能楽堂の客席	70.0	6~14	前方	11	場が特殊かつ音源が生々しい
G	女性歌手歌声@スタジオ	69.5	2~5	前方	3	音源が生々しい
H	漫才@会議室	68.4	0.7~1.2	前方	2	音源が生々しい
I	洋楽の CD 音源@リスニングルーム	72.0	3.26	前方	2	音楽コンテンツのスピーカ再生
J	電子音響音楽の立体的演奏@多目的ホール	75.0	5~10	全方位	多数	音楽コンテンツのスピーカ再生
K	声明@お寺の庭	63.0	不明	前方	1	サウンドスケープ (環境音)
L	チェロ演奏の CD 音源@森	65.0	9.42	前方	1	サウンドスケープ (環境音)
M	阿波踊り@テナントビルの4階テラス	85.0	約 10	前方右下	多数	サウンドスケープ (環境音)

Table 2 評価項目

略称	質問項目	1←→5
音色	音色が	汚い←→美しい
迫力	迫力が	物足りない←→ある
心地よさ	心地よさ	不快←→心地よい
安心感	聞いていて	不安になる←→安心する
楽しめる	楽しめるか	つまらない←→楽しい
距離感	音源との距離感が	わからない←→わかる
到来方向	音の到来方向が	わからない←→わかる
スピーカの存在	スピーカの存在を	感じない←→感じる
臨場感	その場にいるように	感じない←→感じる
実在感	楽器 (人) があたかもそこにある (いる) ように	感じない←→感じる
包囲感	音に包まれているように	感じない←→感じる
広がり感	空間の広がりを	感じない←→感じる

### 3 結果と考察

#### 3.1 再生条件によって総合評価は異なるか

各被験者群における全 13 コンテンツの平均総合評価値を再生条件ごとに Fig. 1 に示す。各被験者群で 2 要因 (被験者群×再生条件) の分散分析を行なった結果、被験者群の主効果および再生条件の主効果が認められたが (被験者群:  $F(1,36)=29.46, p<0.001$ ; 再生条件:  $F(2,36)=89.54, p<0.001$ )、交互作用は認められなかった ( $F(2,36)=2.49, n.s.$ )。再生条件の主効果に対する多重比較の結果、全ての条件間に有意差が認められた (Valid-Invalid 条件:  $p < 0.001$ ; Valid-2ch 条件:  $p < 0.001$ ; Invalid-2ch 条件:  $p < 0.001$ )。両被験者群とも Valid 条件における評価値が他の再生条件よりも高いことから、両群とも 3 次元音場再現になんらかの付加価値を感じていると考えられる。ただし、音響専門家群よりも一般聴取者群の方が評価値は高い傾向がみられた。

#### 3.2 3次元再現音場の聴感印象は異なるか

被験者群間で聴感印象の評価にどのような違いがあるのか検証するため、Valid 条件の全コンテンツの平均評価値を各評価項目について算出した (Fig. 2)。その結果、「距離感」と「スピーカの存在」において一般聴取者群の方が音響専門家群よりも評価値が高かった。2 要因 (被験者群×質問項目) の分散分析を行った結果、被験者群の主効果および質問項目の主効果が認められた (被験者群:  $F(1,144)=6.32, p<0.05$ ; 質問項目:  $F(11,144)=30.22, p<0.001$ )。また、被験者と評価項目の交互作用も認められた ( $F(11,144)=2.48, p<0.01$ )。被験者と質問項目の交互作用に対する多重比較の結果、「スピーカの存在」において有意差が認められた ( $p < 0.005$ )。これらのことから、今回用いたコンテンツでは平均して、音響専門家は一般聴取者に比べて、スピーカの存在を感じないと評価することが示された。音響専門家に対するインタビューでも「スピーカの存在感」について着目する意見がみられ、valid 条件におけるサラウンドの自然性について着目した評価がなされる傾向が伺えた。これは音響専門家では一般聴取者よりもスピーカシステムで聴取する経験が多く、スピーカの存在に着目する態度が反映されたものと考えられる。

#### 3.3 付加価値が高いコンテンツは異なるか

既報[1-2]から、一般聴取者と音響専門家では 3 次元音場再現に適すると捉えるコンテンツに違いがあることが示唆されている。また、

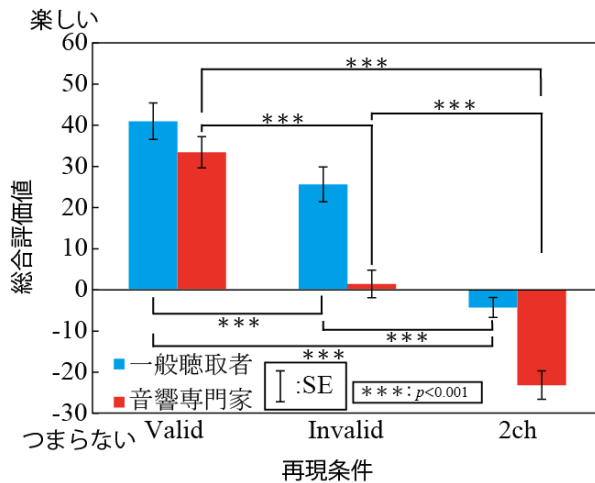


Fig. 1 再生条件による総合評価の差

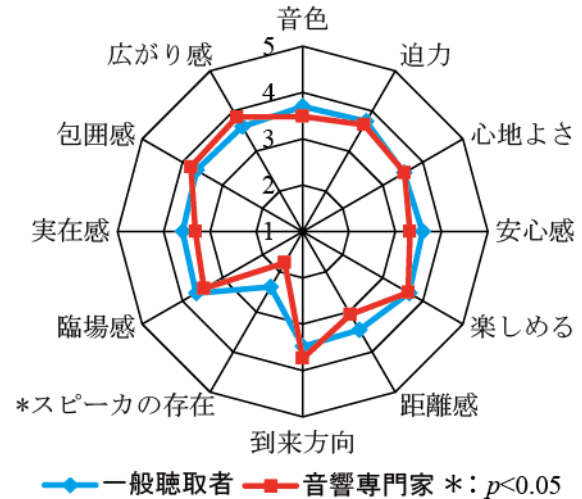


Fig. 2 質問項目ごとの Valid の平均評価値

Table 3 総合評価の順位

一般聴取者					音響専門家									
順位	Valid	Invalidとの差分	2chとの差分	差分合計	順位	全合計	順位	Valid	Invalidとの差分	2chとの差分	差分合計	順位	全合計	
1	D	H	H	H	1	D	1	A	D	A	A	1	A	
2	H	D	D	D			2	D	H	M	M	M	2	D
3	G	K	A	C			3	G	B	M	B	D	3	B
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
11	F	L	M	B	11	E, K	11	C	J	J	J	10	C	
12	K	B	J	J			12	H	K	I	K	K	11	I, K
13	J	E	K	E			13	J	C	H	I	I	13	J

コンテンツによって重視される聴感印象が異なることは十分に考えられる。そのためコンテンツの好みにこそ各被験者群の特徴が現れると考えられる。そこでコンテンツごとに被験者群間の違いを検証するため、まず被験者群によって3次元音場再現の付加価値が高いと考えるコンテンツに違いがあるか検証した。

分析方法としては、(1) Valid 条件における平均総合評価値をもとにした順位付けと(2) 他2再生条件との総合評価値の差分をもとにした順位付けを行った。それら二つの合計順位を算出し、3次元音場に適したコンテンツとして定義づけた。上位、下位それぞれ3位までを Table 3 に示す。この表から、被験者群によって評価が分かれるコンテンツと評価が共通するコンテンツがあることが分かった。まず評価が分かれたコンテンツに着目すると、一般聴取者は G (女性歌手が目前で歌唱) や H (男性2人が目前で漫才) といった「音源が近く、生々しい」コンテンツ、音響専門家は A (教会でのパイプオルガン演奏) や B (スタジオでの女性歌手のライブ) といった「場が特殊」なコンテンツの順位が高い傾向がみられた。特に、H は一般聴取者では2位だが、

音響専門家では比較的順位が低い(9位)という正反対の評価であった。Hは「音源が近く、生々しい」が特徴のない音場で収録されたコンテンツであるため、各被験者群の傾向が顕著に反映されたと考えられる。一方、両被験者で共通して D (コンサートホールのステージ上で収録したオーケストラの演奏) の評価が高かった。Dは「場が特殊かつ音源が生々しい」という両被験者群で高順位だったコンテンツの特徴を合わせ持つためだと考えられる。また、両被験者群で共通して K (お寺の庭で収録した声明) や J (電子音響音楽の立体的演奏) の評価が低かった。これらは聞き慣れないコンテンツであり、鑑賞の仕方がわからなかったためと考えられる。

### 3.4 高評価・低評価コンテンツにおける聴感印象の違い

一般聴取者と音響専門家でコンテンツの評価が分かれる理由として、各被験者群で3次元再現音場の付加価値として重視する聴感印象が異なることが考えられる。そこで各被験者群で高い評価を得たコンテンツの聴感印象について検討するため各群における高・低評価コンテンツの各質問項目の心理評価値を全

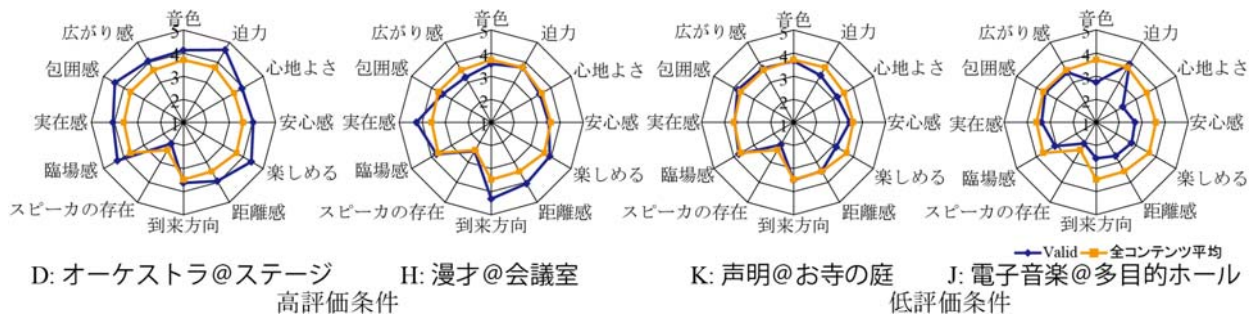


Fig. 3 一般聴取者における質問項目ごとの Valid 条件の平均評価値

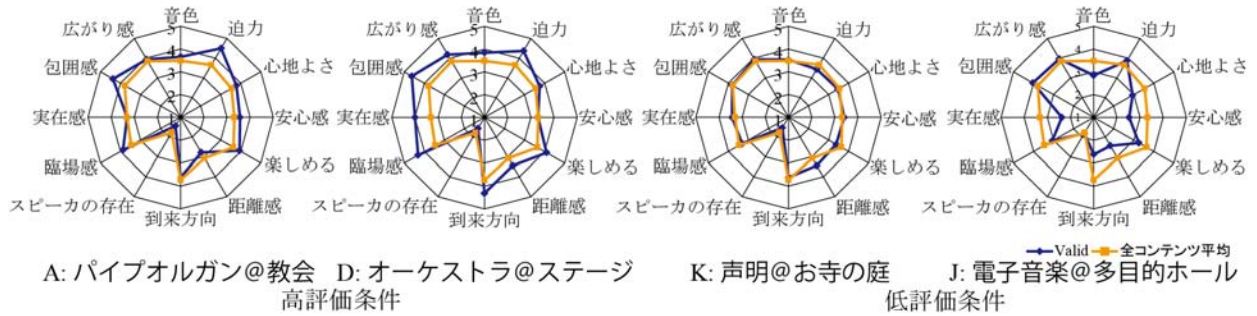


Fig. 4 音響専門家における質問項目ごとの Valid 条件の平均評価値

コンテンツの平均評価値と比較した（一般聴取者: Fig. 3; 音響専門家: Fig. 4）。両被験者群で共通して高評価だった D（ステージ上で収録したオーケストラ演奏）は、両群において全コンテンツ平均よりも概して評価が高かった。特に「迫力」「臨場感」「実在感」「包囲感」が共通して全コンテンツ平均よりも高い傾向がみられた。

一般聴取者のみで高順位だった H（男性 2 人が目前で漫才）では、「距離感」「到来方向」「実在感」の評価値が全コンテンツ平均よりも高い傾向がみられた。一方、音響専門家のみで高順位だった A（教会でのパイプオルガン演奏）では「迫力」「臨場感」「包囲感」の評価値が全コンテンツ平均よりも高い傾向が見られた。両群で共通して評価が高かった D での聴感印象と考え合わせると、一般聴取者は「距離感」「実在感」をより強く感じるコンテンツを好む傾向があるとみられる。一方、音響専門家は「迫力」「臨場感」および「包囲感」を強く感じるコンテンツを好む傾向があると考えられる。

#### 4 まとめ

本研究では、被験者の属性によるコンテンツの好みや音場再現の付加価値の違いについて比較・検証することを目的に、一般聴取者を被験者とした既報[2]と同一の評価実験を、

音響専門家を対象にして行った。3 次元音場再現に適したコンテンツを調べるため総合評価の順位を算出した結果、両被験者群に共通して評価が高いコンテンツもあるものの、一般聴取者は「音源が近く、生々しいコンテンツ」が、音響専門家は「場が特殊なコンテンツ」の順位が高い傾向がみられた。各被験者群で高順位コンテンツの各質問項目における心理評価値を、全コンテンツの平均評価値と比較した結果、一般聴取者は「距離感」「実在感」を、音響専門家は「迫力」「臨場感」「包囲感」をより強く感じるコンテンツを好む傾向があった。

#### 謝辞

コンテンツ収録にご協力を頂いた関係者各位、また、実験にご協力頂いた被験者の皆様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 小林ら, 2014 (秋) 音講論, 779-782, 2014.
- [2] 小橋ら, 2015 (春) 音講論, 875 -878, 2015.
- [3] 伊勢, 日本音響学会誌, 53(9), 706-713, 1997.
- [4] Ikeda, Ise, *Proc. AES Japan conference*, 2012.
- [5] 安倍ら, 日本音響学会誌, 54(5), 343-350, 1997.
- [6] Guastavino, et a., *J.Acoust*, 116 (2), 1105-1115, 2004