

多チャンネル三次元再現音場における 聴覚印象の評価構造*

☆福井 誠人, 小林 まおり, 上野 佳奈子 (明治大, JST・CREST)

1 はじめに

三次元音場の高精細な再現を目的とし、境界音場制御の原理[1]を用いた音場再現システム（以下、BoSC:Boundary Surface Control system）の開発が行われている[2]。本研究では、BoSC システムによって再現された三次元音場の聴感印象の特徴を明らかにするために、聴感印象の構成要素、聴感印象と試験音の関係を探った。

2 実験装置と試験音

80 個の無指向性マイクロホンを頂点に配置した C80 フラワーレン構造のマイクロホンアレイ (Fig.1) を用いて原音場の収録を行い、逆システムを畳み込んで 20 試験音 (1 min) を作成した (Table.1)。試験音は 62 個のスピーカから成るスピーカアレイで再生し、再生室内 (Fig.2) で実験を行った。

3 実験方法

あらかじめ本実験と同等の試験音を使用し予備実験を行い、評価グリッド法[3]を用いて「自分がその場にいる」と感じる印象に関わる評価語を抽出した。本実験では、予備実験より抽出した言葉 9 項目 (Fig.5, d~l)、「臨場感」、「試験音の評価」の総合評価語として 3 項目 (Fig.5, a~c) を加えた全 12 項目を評価語として主観評価実験を行った。評価方法は 5 段階評定尺度法とした。また「リアクションしたくなる」の項目は被験者によって解釈が異なることから、実験後に解釈の仕方をヒアリングした。実験は聴覚正常な 18 名 (男性 9 名, 女性 9 名) を対象とした。



Fig.1 マイクロホンアレイ Fig.2 再生室

4 実験結果・考察

各評価項目に対する平均値及び標準偏差を Table.1 に示す。「楽しめる」という観点では音楽演奏など観賞用の試験音の評価が高い。一方、「自分がその場にいるような印象」は日常的な試験音で評価値が高かった。

4.1 因子構造の分析

各評価項目の評定値を用いて探索的因子分析 (最尤法・Promax 回転) を行い、固有値 1 以上を基準として 4 因子を抽出した。第 1 因子は「音の動き, 方向, 距離」に関する項目の因子負荷量が高かったことから音源定位因子と名付けた。第 2 因子は「リアクションしたくなる」という項目で負荷量が高かったため、リアクション因子と名付けた。第 3 因子は会話音, 環境音といった試験音で因子スコアが高いことから、日常性因子と名付けた。第 4 因子は「音に包まれている」項目で因子負荷量が高く、音の包囲感因子と名付けた。

抽出した 4 因子を使って聴感印象と試験音の関係を探るために、各試験音の評価語の因子負荷量と試験音の因子スコアを Fig.4 にプロットした。この図から音源定位因子では人の動きが多い試験音で因子スコアが高く、包囲感因子ではオーケストラや能など観賞用の

Table.1 各試験音の総合評価項目の基本統計量

試験音 (L_{Aeq} [dB])	楽しめる	自分がその場にいる
A: オケ中心での演奏音, (78.5 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
B: オーケストラ演奏音, (78.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
C: ギター演奏と拍手する人の通過音, (63.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
D: 能の演奏音, (75.6 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
E: バイオリン演奏音, (74.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
F: バンド演奏音 (洋楽), (74.7 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
G: バンド演奏音 (邦楽), (69.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
H: バイブオルガン演奏音, (84.6 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
I: カエルの唄の輪唱, (71.7 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
J: 自分の周囲での会話音 (男女7人), (70.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
K: 屋外自然音, (61.9 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
L: 屋外での会話音, (53.9 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
M: 会話音 (女性 3人), (64.8 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
N: 蟬の音, (65.2 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
O: 鈴虫の音, (67.9 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
P: かごめかごめの唄, (62.5 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Q: 街の喧噪音, (51.6 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
R: 人が走っている足音, (60.7 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
S: 人が自分の周りを歩いている足音, (53.0 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
T: 人の動作音 (本, パソコン), (53.5 dB)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

*Evaluation structure of auditory impression of multi-channel 3D reproduction sound field, by FUKUI Masato, KOBAYASHI Maori, UENO Kanako (Meiji Univ., JST CREST).

試験音において因子スコアが高いことがわかった。観賞用の試験音はリアクション因子に対しても因子スコアが高かった。また、リアクション因子では「楽しめる」項目でも高い因子負荷量を得ている。

4.2 グラフィカルモデリングによるモデル化

評価語間の因果関係を探るために、グラフィカルモデリング (以下, GM) [4]を行った。因果を仮定して評価項目を原因系から結果系まで3群に分けた。偏相関係数 (他の変数が一定という条件下での相関) を0とみなす基準は偏相関 <0.1 , $|p \text{ 値}| > 0.5$ とし, 各群での適合度を考慮しつつモデリングした。得られた連鎖独立グラフを Fig.5 に示す。連鎖独立グラフに示したモデル適合度は許容範囲の値が得られた。臨場感の評価語とした「自分がその場にいる」には, 7つの評価語から直接的なパスが示された。また, エンターテインメント性の評価語とした「楽しめる」には, 「リアクション」との強い関係が示された。「リアクション」は実験後のヒアリングによると, 「情動的な反応」, 「音の動きに反応」, 「人の気配・会話に反応」というように解釈されており, 聴取者自身のリアクションを誘発することが「楽しめる」ための重要な要素となっていると解釈される。この「リアクション」項目は, 「音に包まれている」と同様に, 総合評価項目全てに影響を及ぼしており, 総合評価を決定づける重要な要素感覚と考えられる。

5 まとめ

因子分析の結果, 音源定位, 包圍感, リアクション, 日常性といった次元で評価されていることが示唆された。GM の結果からは臨場感の評価語である「自分がその場にいる」は既往研究[5,6]と同様な多義的な意味を含んだ感覚であることが示された。加えて「リア

クションしたくなる」, 「音に包まれる」両項目が総合評価において重要な要素であることが示された。人の感情・情動を揺さぶる音の再現が BoSC システムによって可能であることが示唆され, 今後この特性に着目して詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- [1] 伊勢史郎, キルヒホッフヘルムホルツ積分方程式と逆システム理論に基づく境界音場制御の原理, 日本音響学会誌, Vol. 53, pp. 706-713, 1997.
- [2] 池田雄介他, 多チャンネル三次元音場再現システムの再生方式の違いによる再現性能評価, 信学技報, EA2008-14, 77-82, 2008.
- [3] 社団法人日本建築学会編, 住まいと街を作るための調査のデザイン, オーム社, 2011.
- [4] 小島隆矢, Excel で学ぶ共分散構造分析とグラフィカルモデリング, オーム社, 2003.
- [5] 小澤賢司他, 臨場感を構成する聴感要因, 日本音響学会講演論文集, pp. 411-412, 2000.
- [6] 寺本涉他, 臨場感の素朴な理解, TVRSJ, Vol.15(1), pp. 7-16, 2010.

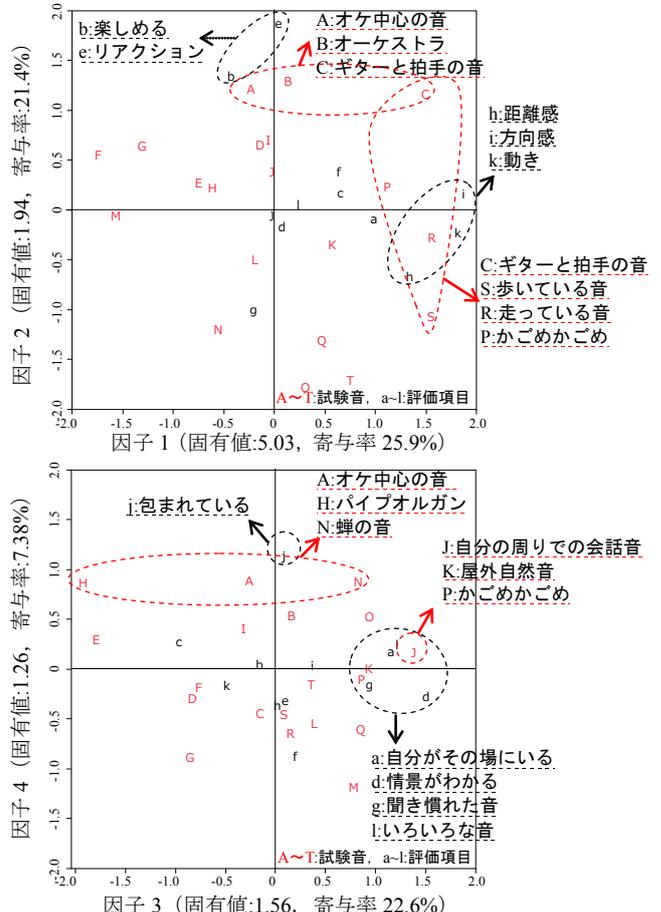


Fig.4 因子分析結果のバイプロット表示

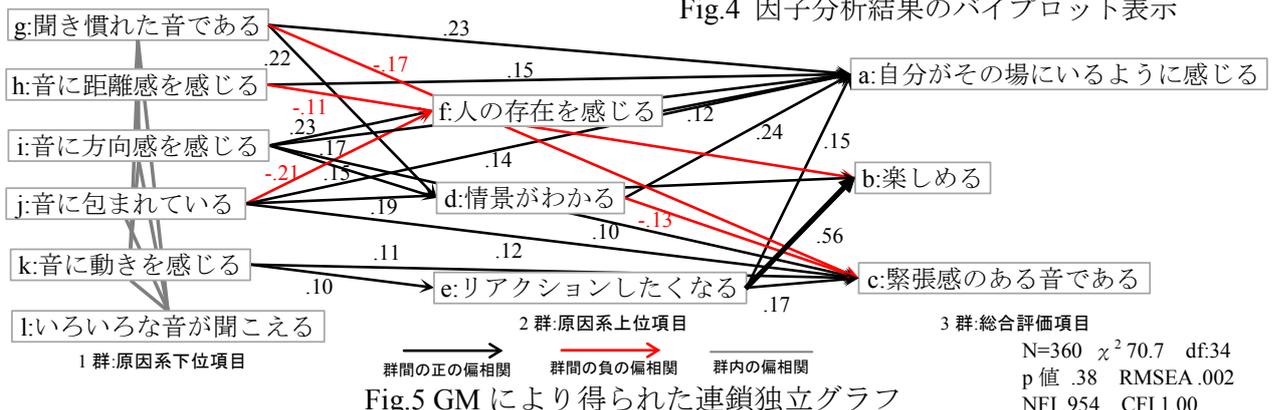


Fig.5 GM により得られた連鎖独立グラフ

N=360 χ^2 70.7 df:34
p 値 .38 RMSEA .002
NFI .954 CFI 1.00