

## 接近感をもたらす音場の生理・心理評価 - “音響樽”を用いた臨場感の解明の試み - \*

○小林まおり<sup>1,2</sup>, 上野佳奈子<sup>1,2</sup>, 伊勢史郎<sup>2,3</sup> ( <sup>1</sup>明大, <sup>2</sup>JST CREST, <sup>3</sup>京大)

### 1 はじめに

“臨場感”の解明において、測定法の定量化・客観化が求められている。臨場感は仮想空間での主観的感覚であるため、主に質問紙法によって測定されてきた。近年、より客観的で信頼性の高い測定法を求め、行動指標[1]や生理的評価[2]が提案されている。しかし多くは仮想視空間での検証であり、視覚情報がない聴空間においては少ない。モダリティによって知覚経験が異なるため、仮想聴空間内に限った検証も必要である。

本研究では定量的・客観的測定法の確立の足がかりとして、仮想音場における生理的・心理的变化を検討した。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（音響樽）[4]を用い、臨場感の評価が高い刺激と低い刺激における生理的・心理的差異を測定した。生理学的指標は音の立ち上がりや音圧レベル、周波数帯域に影響されるため、同一音源を用い、空間再現性のみが低下した刺激を統制条件として設定した。

### 2 音響樽

実験で用いたシステムは、原音場収録のためのマイクロホン・アレイ (Fig.1a) と、収録した音場を再現するための音響樽 (Fig.1b) から成る。前者は C80 フラワーレン構造をしたフレームの各頂点に 80 個の全指向性マイクロホン (DPA-4060BM) を取り付けられたものである。音響樽の水平断面は 9 角形で、三段構成であった。樽の内寸は 2130×2245 mm であり、内部の上中下の各面にそれぞれ 3, 4, 3 個、天井に 6 個のスピーカ (Fostex FE103En), 計 96 個を取り付け、吸音材を壁面に充填した。本システムでは、Fig.1a のマイクロホン・アレイを境界、アレイ内部の空間を再現領域とし、Fig.1b の樽構造を持つスピーカ・アレイを用いて音場を再現した。

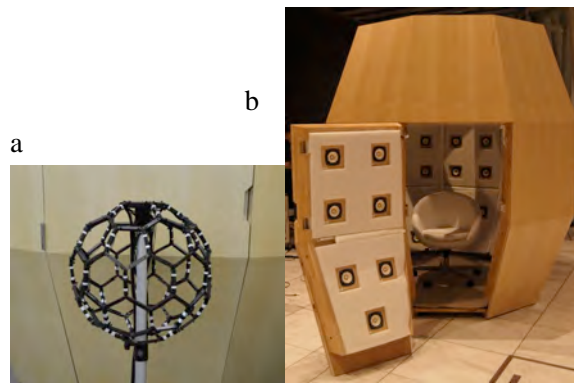


Fig. 1. The BoSC recording system and the sound cask

### 3 実験

#### 3.1 目的

事前調査により、臨場感の評価が高い音場を刺激として用いた。生理指標として、光電式指尖容積脈波と皮膚電気抵抗値を測定した。両指標とも覚醒や緊張といった心理状態と関連すると考えられている。事前調査では今回用いた刺激の聴取時には、聴取者が首をすくめるなどの反応を示したことから、臨場感の高さに応じた反応を期待できると考え、これらの生理指標を測定した。

#### 3.2 方法

**被験者** 聴覚健常な成人男女 12 名 (平均年齢 21.8 歳, 女性 7 名) が実験に参加した。

**刺激** ギターに併せて、男性 5 名が拍手しながら歩いてマイクロホン・アレイに接近し、過ぎ去る音を用いた。マイクとの距離は最接近した時で、マイク中心から 50~100cm 程度であった。各制御点に応じた逆フィルタを重畳した条件 (valid 条件) と対応していない逆フィルタを重畳した条件 (invalid 条件) を設定した。後者は音源位置の把握が難しくなる。両条件とも時間長は 42 sec, 頭部中心位置で 70 dB±2 dB ( $L_{Aeq}$ ) になるよう操作した。

**手続き** 被験者は音響樽内の椅子に座し、刺

\* Psychological and physiological evaluation on the virtual sound field – trials for evaluation of presence by the “sound cask”-, by KOBAYASHI Maori<sup>1,2</sup>, UENO Kanako<sup>1,2</sup> and ISE Shiro<sup>2,3</sup> (<sup>1</sup>Meiji University, <sup>2</sup>JST CREST, <sup>3</sup>Kyoto University).

激音を聴取した後、4つの質問項目 (Q1:音は不自然であったか (音質), Q 2: その場にいるように感じるか (臨場感), Q 3: まさに人が通り過ぎたように感じるか (実在感)) について、“全く感じない” から “とても感じる” までの5段階で評価した。加えて、Q4: 人が最も接近したとき自分との距離について、50 cm 以内, 50~100 cm, 100~150 cm, 50~200 cm, 200 cm 以上の5選択肢から選ばせた。また、聴取中の被験者の生理学的反応を観察するため、被験者の左手指にセンサーおよび電極を装着した。

### 3.2 結果

**3.3.1 心理評価実験** 被験者全員の平均評価値と標準偏差を Fig. 2 に示す。2 要因の分散分析の結果、質問項目の主効果 ( $F(3,33)=11.71, p<0.01$ )、および質問項目×刺激条件の交互作用 ( $F(3,33)=12.49, p<0.01$ ) が認められた。質問項目×刺激条件の交互作用について単純主効果の検定を行ったところ、Q2『その場にいるように感じるか』、およびQ3『まさに人が通ったように感じるか』において invalid 条件に比べて valid 条件で有意に評価値が高かった(Q2:  $p<0.01$ ; Q3:  $p<0.05$ )。また、Q4『自分との距離はどれくらいか』については invalid 条件よりも valid 条件の方が接近して知覚されることがわかった ( $p<0.001$ )。一方、Q1『音を不自然に感じるか』では条件間の有意差は認められなかった。

**3.3.2 生理実験 指尖容積脈波** 得られた脈波波形データの最大値包絡から最小値包絡を引いたものを BPN 値とした。各試行の刺激開始前の5s間の平均BPN値をベースラインとし、その値を100%として際の割合でBPN値を表した (典型例を Fig.3 に示す)。その結果、valid 条件は invalid 条件に比べ 10.8 %ほど値が低かった ( $t(11) = 6.02, p<0.05$ )。この結果は、valid 条件における血流量の減少を示す。

**皮膚電気抵抗値** 発汗の変化を測定するために、SCL 値を測定した。各試行の刺激開始前3s間の平均値をベースラインとし、そこからの変動値を測定した。その結果、valid 条件は invalid 条件に比べ抵抗値は低かった ( $t(11) = 14.54, p<0.01$ )。この結果は、valid 条件における汗腺の活発化を示す。

PPG および SCL 両指標において、刺激によ

って生じる活動量の変化は invalid 条件よりも valid 条件の方が大きいことがわかった。

## 4 総合考察

心理実験において臨場感および他者の実在感が高く評価され、かつ他者が接近して知覚された valid 条件のほうが、脈波および皮膚電気抵抗値の変動が大きいことが示された。この結果は音のみによる VR 空間において生理指標による臨場感評価の可能性を示す。

今後は他者との物理的距離を操作し、心理評価および生理評価への影響を詳細に検討する必要がある。

### 謝辞

本研究は科学技術振興機構 戦略的創造研究推進機構 (CREST) の研究助成を受けた。

### 参考文献

- [1] 江本ら, 映像情報メディア学会誌, 60, 1288-1295, 2006.
- [2] Meehan, et al., ACM Transactions on Graphics, 21, 645-652, 2002.
- [3] 伊勢, 音響学会誌, 46, 449-457, 1997.
- [4] Ikeda, Ise, Proc. AES Japan conference, 2012.

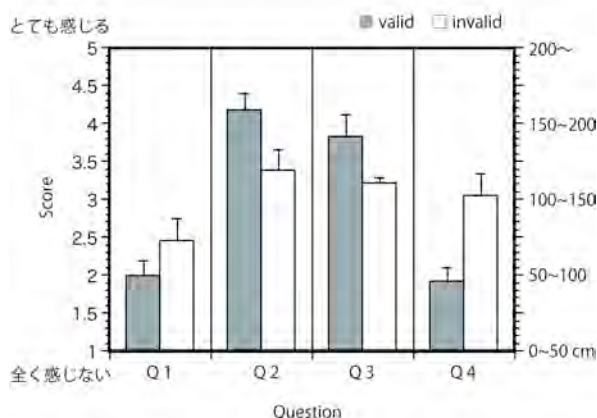


Fig. 2 Mean psychological value of experiment.

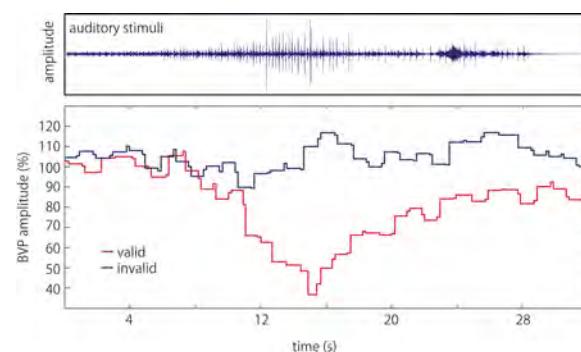


Fig. 3 Example of the time-related BPN of a trial.