

# 個人用音場再生とバイノーラルの音像定位比較実験

○繁泉宥斗, 木村敏幸 (東北学院大学)

## 1. はじめに

木村研究室では遠隔操作への応用を目的とした個人用音場再生技術を提案し[1], これまでにキューブ型スピーカアレイとヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) を用いた視聴覚提示システムの開発を行い, VR ゲームによる性能評価を行ってきた[2]. 本研究では, 個人用音場再生技術の音像定位性能をバイノーラルと比較するために実験を実施した.

## 2. 音像定位実験 (バイノーラル)

### 2.1. 実験手順

図 1 に示すように, Unreal Engine4 [3] (以下, UE4) で作成した三次元仮想空間内に配置した 12 個のオブジェクト (被験者の周りに 30 度間隔) のうち, どれか 1 つから白色雑音を 4 秒間再生し, 被験者はどのオブジェクトから聞こえたかを番号で回答した. バイノーラル音は UE4 のバイノーラル再生機能を用いて HMD (Oculus Rift CV1) のヘッドホンから再生した. 実験は 2 条件 (頭部運動を禁止, 頭部運動を許可) で行った. 被験者は 20 名で, 1 被験者あたり 1 条件 12 回の音提示を繰り返し, 提示順序はランダム化した.

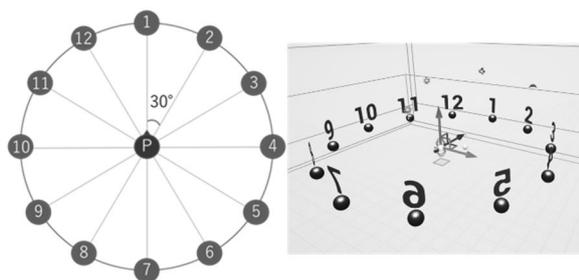


図 1 提示方向 (左) と三次元仮想空間 (右)

### 2.2. 実験結果及び考察

実験結果を図 2 に示す. 頭部運動を許可しない場合, 従来のバイノーラル再生の際に見られる音像位置の前後誤りが見られた. また, 提示位置と完全に同じ位置を回答できた (以下, 完全正答率) のは 36.25% と決して高くない値となった. 一方,  $\pm 30$  度までを正答 (以下, 方向正答率) として計算すると 70.83% となった. このことから, UE4 のバイノーラル再生機能は頭部を運動させなくと

も音像方向を大まかに視聴者に伝えることが出来ていると考えられる.

それに対し, 頭部運動を許可した場合はほぼ 100% に近い正答率となった. 従って, UE4 のバイノーラル再生機能は個人用音場再生との比較対象として適していると考えられる.

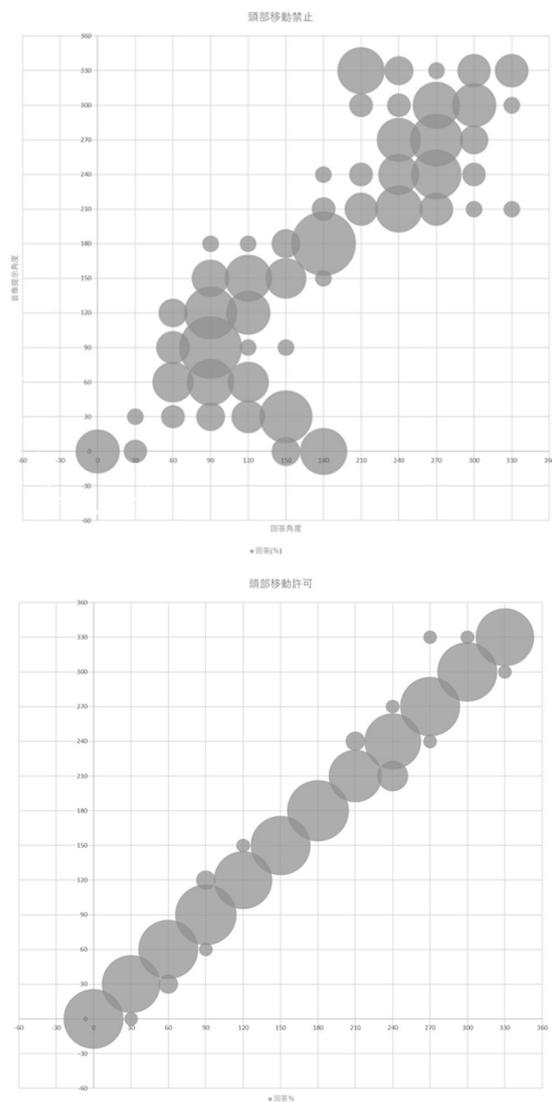


図 2 バイノーラル実験結果

(上: 禁止, 下: 許可)

## 3. 音像定位実験 (個人用音場再生)

### 3.1. 実験手順

個人用音場再生とバイノーラル再生の音像定

位性能の差を検証するため、個人用音場再生を用いた音像定位実験を実施した。実験手順は、音の提示デバイスが先行研究[2]で用いた個人用音場再生装置となったこと以外は第3章の音像定位実験と同一である。被験者は10名で、1条件あたり24回の音提示を繰り返した。

### 3.2. 実験結果及び考察

実験結果を図3に示す。完全正答率は28.75%、方向正答率は66.67%となり、スピーカーを用いて音提示を行っているにも関わらず前後誤りが見られる等、回答に多少のばらつきがある点を除いては第3章の実験結果と同じ傾向が現れた。

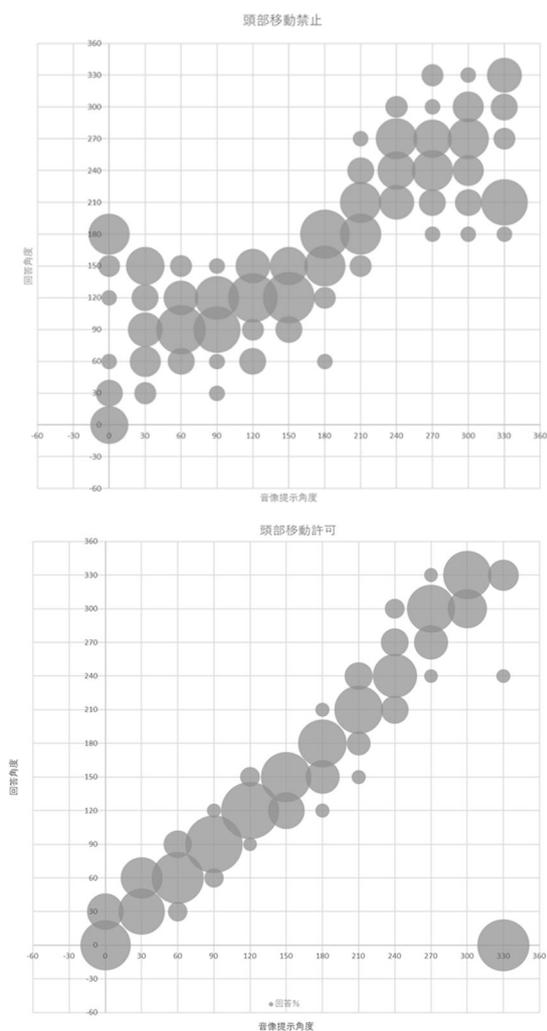


図3 個人用音場再生実験結果  
(上：禁止，下：許可)

### 4. 両実験結果の比較

両実験の結果において、頭部運動を禁止した場合の結果を比較するために、完全正答率、方向正答率、前後誤り率の3つについて、それぞれカイ

二乗検定を行った。ただし、前後誤り率は、左右90度位置(4, 10)への提示を除くそれぞれの提示位置への音提示のうち、(4, 10)を結ぶ直線と線対称の位置から±30度の範囲で回答した比率（ただし、(4, 10)位置への回答は除く）とした。その結果、 $p$ 値はどれも0.05を上回り、有意な差は認められなかった。従って、頭部運動を禁止した場合はバイノーラル再生と個人用音場再生の音像定位性能は同等であると言える。

一方、頭部運動を許可した場合、どちらも回答方向は提示方向とほぼ等しいが、バイノーラル再生では回答位置にほとんどばらつきは見られない一方で、個人用音場再生では回答位置に多少のばらつきがみられた。これは頭部運動を許可した場合、バイノーラル再生では被験者はヘッドホンの左右から聞こえる音量差を頼りに音像位置の推定を行うことができるのに対し、個人用音場再生ではスピーカーによって音場が再生されることにより、左右の耳の音量差での推定を行うことが難しくなるためであると考えられる。

### 5. まとめ

本研究ではバイノーラル再生と個人用音場再生の音像定位性能を比較した。その結果、個人用音場再生の音像定位性能はバイノーラル再生と同等であることが分かった。今後は、移動音源に対する性能評価のため、VRゲームを用いて検証を行っていきたい。

### 参考文献

- [1] 木村敏幸, “8個の指向性マイクロホンを用いた波面合成技術のコンセプトに基づいた個人用コンパクト三次元音場再生システム,” 信学論(A), Vol. J97-A, No. 4, pp. 284-294 (2014).
- [2] 繁泉宥斗, 木村敏幸, “VRゲームによる個人用三次元音場再生システムの性能評価,” 信学技報, No. EA2018-37, pp. 57-62 (2018).
- [3] Unreal Engine 4,  
<https://www.unrealengine.com/ja/blog>.

#### 【連絡先】

氏名：木村敏幸  
所属：東北学院大学工学部  
所属地：宮城県多賀城市中央 1-13-1  
TEL：022-368-7249, FAX：022-368-7070  
E-mail：t-kimura@m.icice.org