



# ヘッドフォン聴取時の Ambisonics 録音方式を用いた複数音源の最適再生方法の検討

岡田拓真<sup>1)</sup>, 山高正烈<sup>2)</sup>

Takuma OKADA, Masahiro YAMATAKA

1) 愛知工科大学 工学研究科 (〒 443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2)

2) 愛知工科大学 工学部情報メディア学科 (〒 443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2)

**概要:** 臨場感あふれる音空間の収録・再生方法として、Ambisonics と呼ばれる立体音響技術が注目を集めている。本研究では、ヘッドフォンによる聴取環境を想定し、Ambisonics 録音方式によって収録した 3 種類の楽器音をモノフォニック、Cardioid と Figure-Of-Eight ステレオ再生方式、バイノーラル再生方式といった 4 種類の再生方式に変換させ、複数音源再生時の最適再生方法の検討を行った。その結果、楽器を正面と左右前方 45 度の位置に配置した場合に Figure-Of-Eight ステレオ再生方式を使用することで高次感性評価が向上することが示された。

**キーワード:** Ambisonics 録音方式, 臨場感, 立体感, 包囲感, 音像定位

## 1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ技術の発展に伴い、アンビニックス (Ambisonics[1]) を使用した 3D 立体音響技術が注目を集めている。我々は先行研究 [2] において、Ambisonics 録音方式を用いて録音された単一音刺激を再生する際の最適な再生方法について検討を行った。その結果、音源の種類や再生方式、再生角度が高次感性知覚に与える影響が小さいこと、再生方式に応じて方向知覚精度が大きく異なることが示された。

しかし、現実世界は複数の音からなる音空間であり、単一音刺激再生時と比べると、音刺激の空間的な広がり感が異なり、それにより最適な再生方式が単一音刺激再生時と異なる可能性が考えられる。そこで本研究では、ヘッドフォン聴取環境を想定し、複数音源再生時の最適再生方法についての検討を行った。

## 2. 実験内容

### 2.1 実験刺激の収録

収録時の音源配置を図 1 に示す。実験刺激の収録には Ambisonics マイク (AMBEO VR MIC, SENHEISER) を使用し、高校吹奏楽部の生徒が演奏する「A Whole New World」を録音した。演奏には、オーボエとアルトサクソ、ホルンの計 3 種類の楽器を使用した。

収録は高校音楽室にて行い、各楽器をマイクを中心とした半径 150 cm の円上に配置した。具体的には、マイク正面を基準として、ホルンを 0 度の位置に固定し、アルトサクソは配置 1 から順にマイク右方向 15 度から 15 度刻み、オーボエはマイク左方向 15 度から 15 度刻みで移動した計 11 パターンとした。その後、収録した音源を、DAW ソフ

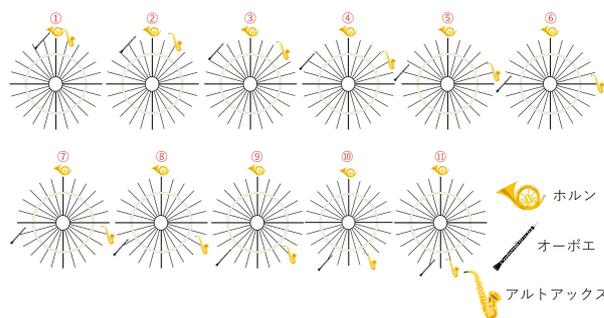


図 1: 収録配置図

ト (REAPER, Cockos) を用いて刺激長 30 s 程度で時間平均ラウドネスが 65 dB  $\pm$  3 dB となるようにカット編集を行い、再生用音刺激を作成した。

### 2.2 再生方式

再生方式には、空間性がほぼないモノフォニック、2ch ステレオとして、Figure-Of-Eight (以降 FoE) と Cardioid (以降 Car) の 2 種類、サムライの HRTF を畳み込んだバイノーラル再生方式 [3] を採用した。実験刺激の提示にはヘッドホン (HDA200, SENHEISER) を使用した。

### 2.3 主観評価実験

実験には正常な聴力を有する 21~23 歳の大学生が参加した。聴取者にはヘッドフォンにて実験刺激を聴取し、印象評価をするよう求めた。評価には先行研究 [2] を参考に、満足感評価を臨場感評価に統一し、代わりに立体感と包囲感の評価を加えた計 3 つの印象項目について、0 (全く感じない) ~4 (非常に感じる) の 5 段階で評価するように教示した。

- 立体感: 深さや奥行き感, 空間的な広がり感, 音が少し耳から離れて聞こえる音

- 臨場感：あたかもその場にいるような感覚，音から得られる感動や満足感
- 包囲感：音に囲まれる感覚

更に，音が聞こえる方向を，正面を基準とした 15 度刻みの 24 方向から回答をするよう求めた．刺激の提示順は全実験にて異なる聴取者で同じにならないようにランダムで提示を行った．

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 高次感性評価

図 2 に，立体感の平均評価値を示す．4 つの再生方式，11 の音源配置を被験者内要因として分散分析を行った．その結果，再生方式別でみると，すべての高次感性評価において，モノフォニック再生方式が他の再生方式と比べて低い評価となった．2ch のステレオとバイノーラル再生方式では大きな差はみられなかった．

音源配置別でみると，臨場感評価の場合に音源を正面と左右 60 度の位置に配置した配置 4 が低い評価となった．また，音源を正面と左右 15 度の位置に配置した配置 3 においては，FoE 再生方式を使用することですべての高次感性評価が高かった．

#### 3.2 音像定位精度

図 3 に代表例として，アルトサックスのバイノーラル方式の音像定位の角度分布図を示す．横軸が提示した音源の角度，縦軸が聴取者の回答した角度となり，円の大きさが回答者の数を示している．

方向知覚の結果，マイク正面（ホルン）とマイク右側（アルトサックス），マイク左側（オーボエ）の 3 種類すべての楽器，4 種類の再生方式すべてにおいて分布が広くばらけており，方向知覚ができていないことが示された．

### 4. 考察とまとめ

4 種類の再生方式が複数音源再生時の高次感性評価に与える影響を調べた．その結果，モノフォニック再生方式がすべての高次感性評価において他の 3 種類の再生方式と比べて低い評価となった．一方，2 種類のステレオ再生方式とバイノーラル再生方式には高次感性評価に有意差が認められなかった．

ただし，音源配置を工夫して，音源を正面と左右前方 15 度の位置に設置した場合は（配置 3），FoE 再生方式を使用することですべての高次感性評価が他の再生方式と比べて高いことが示された．これは，今回使用した 2ch ステレオ再生方式が左右 45 度の位置にスピーカを配置した場合を想定して作成しており，スピーカの設置位置と音源位置が一致することが影響したものと考えられる．同じ 2ch ステレオである Car 再生方式で同様の効果が得られなかった理由として，Car 再生方式は後方からの音を反映されにくい再生方式であるためと考えられる．以上の結果から，求めたい高次感性に合わせて再生方式や音源配置を工夫すべきであることが示唆された．

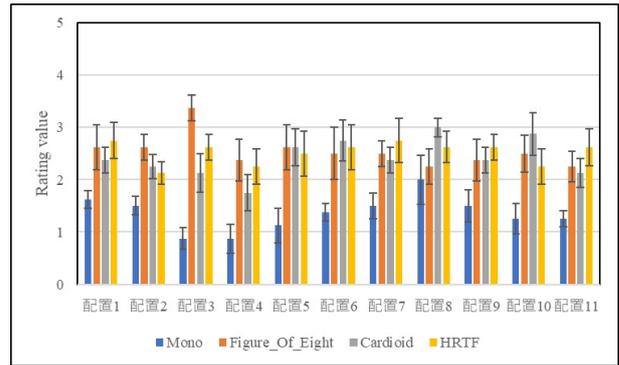


図 2: 立体感の平均評価値

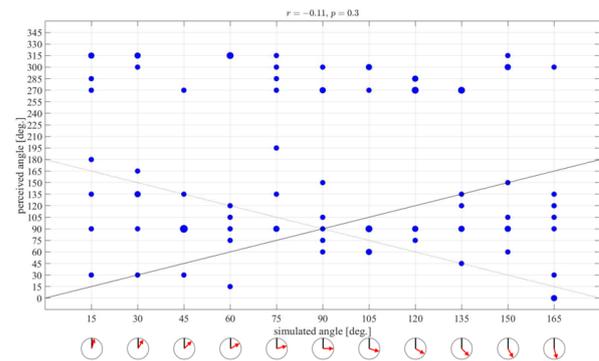


図 3: 音像定位の誤差

方向知覚の結果，再生方式に限らず個々の音像定位精度の悪いことが示された．単一音源を使用した先行研究 [2] と同様に，バイノーラル再生方式を使用した場合の音像定位精度が一番よくなると想定していたが，すべての再生方式において音像定位精度が同程度に悪く，左右判別もできていない結果となった．これは今回聴取デバイスにヘッドフォンを採用したこと，音色のあまり変わらない音刺激を使用したことが影響を与えていた可能性が考えられる．即ち，音色のあまり変わらない音をヘッドフォンのような少数ユニットで再生することで音が混ざり合って一塊のような音刺激となり，単一音源再生時に可能であった方向判別が難しくなったと思われる．可能性として，ユニット数を増やして音の混ざりを減らしたり，音色の異なる音刺激を使用することで，バイノーラル再生方式における音像定位精度を高められると考えられ今後の課題としたい．更に，今後はスピーカによる最適再生方式や，生活環境音といった様々な音色が存在する環境を構築し，音空間の最適再生方式について検討を深めていきたい．

#### 参考文献

- [1] M.A.Poletti : Journal of the Audio Engineering Society, 53(11), pp. 1004–1025, 2005.
- [2] 岡田拓真, 山高正烈: 第 28 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1D1-09, 2023.
- [3] 平原達也: 映像情報メディア学会誌, 68(8), pp. 608–11, 2014.