

## 接近・遠離音の特異的な動きが起きる条件\*

☆岡田脩平, 平原達也 (富山県立大学)

### 1 はじめに

我々は日常生活で様々な移動音を聞いている。その中でも、音を発しているモノまでの距離判断や、音が自分に近づいているかどうかの判断は、危険回避のために欠かせない。受聴者に対して接近・遠離バイノーラル音もしくは接近・遠離音を呈示した場合、受聴者の正面から $\pm 45^\circ$ の頭部近傍において、Fig.1のように音像が耳元に移動することを報告した<sup>1)</sup>。しかし、そのときの移動音源の入射方位角度は $45^\circ$ ごとで、音像が特異的な移動をする移動音源の入射方位角度の範囲は不明であった。また、音像の動きを受聴者に口答で回答させたために、定性的であるという問題点もあった。

本報告では、接近・遠離音の特異的な動きが発生する移動音源の入射方位角度を明らかにするために、移動音源の入射方位角度を $15^\circ$ 間隔にし、さらに定量的に音像の軌跡を測定した結果について述べる。

### 2 移動音の呈示とバイノーラル収録

#### 2.1 音源と移動方法

PC上で生成した白色雑音を44.1 kHz/24 bitのDA変換器 (Roland, UA-101) から出力し、パワーアンプ (creek, EVOLUTION 50A) で増幅し、直径10 cmの小型球形スピーカ (Anthony Gallo Acoustics, Micro) から出力した。スピーカがマイクから5 cmの距離にあるときの音圧レベルを90 dBとした。

スピーカはスピーカ移動装置に取り付け、実験者が手動で動かした。移動方向は頭部正面から $15^\circ$ の方向から $90^\circ$ まで $15^\circ$ 毎の方向で、頭部表面から5 cmの位置から1 mの距離を5秒間で1往復させた (Fig.2)。

#### 2.2 バイノーラル収録

4名の被験者それぞれの両耳に耳栓マイクロホンを挿入し、2.1節で述べた接近・遠離音をバイノーラル収録した。耳栓マイクロホンは6φのECM (Primo, EM-158) をシリコーン

印象材に埋め込んだものである。その出力をマイクアンプ (audio technical, AT-MA20) で増幅し、44.1 kHz/24 bitのAD変換器 (Roland, UA-101) に入力し、収録した。

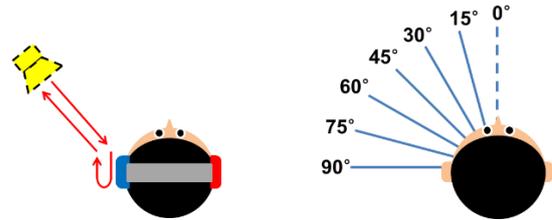


Fig.1 音像の呈示方向

Fig.2 移動音源の入射方位角度

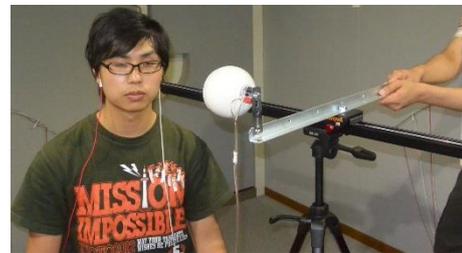


Fig.3 バイノーラル収録の様子

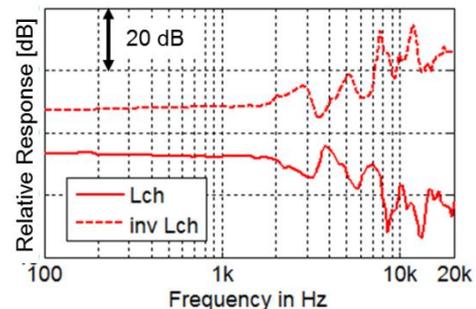


Fig.4 ヘッドホン ATH-AD1000X の実耳応答特性とその逆フィルタ特性

### 3 接近・遠離バイノーラル音の呈示

#### 3.1 方法

4名の受聴者が、自分の耳でバイノーラル収録した接近・遠離音を、UA-101を用いて出力し、ヘッドホンアンプ (audio-technica, AT-HA20) で増幅し、ヘッドホンから出力したものを聴いた。ヘッドホンは2種類の開放型ヘッドホン (audio-technica, ATH-AD1000X) を用いた。受聴者ごとにそれぞれのヘッドホンの実耳応答特性の逆フィルタを作製し、それ

\*Sound source incident angle range of producing anomalous movement of approaching and retreating sound image, by OKADA, Shuhei and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural University).

を施した状態でバイノーラル音の呈示を行った。Fig.4にATH-AD1000Xの左チャンネルの実耳応答特性の一例とその逆フィルタ特性を示す。

接近・遠離バイノーラル音を呈示する際に、三次元位置トラッキングセンサ (Ascension, Flock of Birds) を受聴者の手に保持させ、その手で音像を追跡させることで、音像の軌跡を記録した。この時、音源の移動距離は1 mであるが、センサは手を伸ばして動く範囲しか動かさないため、受聴者には腕を伸ばした状態で待機させ、音像が手の位置に来たときから手を追跡させた。

また、各接近・遠離音の呈示は、適切な軌跡が描けるまで、複数回行った。さらに、モーションセンサはヘッドホンの磁気による影響を受けないよう、ヘッドホンから少し離れた位置で動かした。そして接近・遠離音の呈示後に、音像の特異的な動きの有無や明瞭さ、変化量を口答で答えさせた。

### 3.2 結果

移動音源の入射方位角度が15~75°のとき、接近・遠離音は音像が特異的な動きをした。ただし、入射方位角度が15°では、音像が特異的な動きをしているか否かが判断しづらいと答える受聴者もあった。

モーションセンサによって取得した音像の軌跡の一例をFig.5に示す。同図では、青い矢印で示した位置を境に、音像が後方に直線移動するという特異的な動きをしていることが分かる。頭部中心を原点として、音像の軌跡のx値が最大値から3 cm以内にある場合を音像が特異的な動きをしている範囲とし、その範囲にある音像軌跡のy値の変化量を音像の特異的な動きの移動量とした。

Fig.6に、各受聴者の音像の特異的な動きの移動量の平均値と標準偏差を示す。移動音源の入射方位角度が大きいほど、音像の特異的な動きの移動量の平均値と標準偏差が小さい。

## 4 考察

Fig.5において、得られた移動音像の軌跡は直線ではなく、接近と遠離音像の軌跡は完全に一致しなかった。これは、音像の軌跡を手で追跡することはさほど容易ではないからである。

入射方位角度0°(真正面)から呈示した接

近・遠離音では耳元での音像の特異的な動きは起きず、入射方位角度15°ではそれが起きたために、入射方位角度15°附近に音像が特異的な動きをする境界があると考えられる。また、移動音源の入射方位角度が90°に近づくにつれて、移動距離と標準偏差が減少した。これは、特異的な動き始まる点が正面に近いほど耳元より遠く、音像の特異的な動きが折り返す点が耳元であるためである。

## 5 まとめ

移動音源の入射方位角度15~90°まで、15°間隔で接近・遠離バイノーラル音を呈示し、その時の音像の軌跡を描かせた。受聴者の手にモーションセンサを持たせ音像を手で追跡させることで、音像の軌跡を記録することができた。また、音像が後方に直線的に移動する特異的な動きをするのは、移動音源の入射方位角度が15~75°のときであった。入射方位角度が大きいほど、この音像の特異的な動きは小さかった。

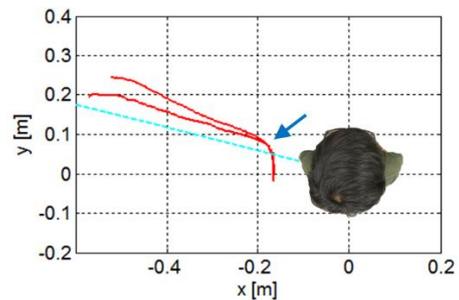


Fig.5 移動音源の入射方位角度が75°のときの音像の軌跡の一例

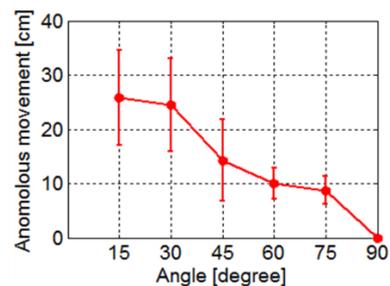


Fig.6 移動音源の入射方位角度と音像の特異的な動きの移動量の平均値の関係

## 謝辞

本研究の一部は科研費(25330203)による。

## 参考文献

- [1] 岡田脩平, 今井悠貴, 平原達也, “接近・遠離音の知覚,” 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 839-840, 2013.09