立体音響の収録・評価に関する研究

○高尾 秀伸・野呂 影勇 (早稲田大学人間科学部)

Effects by Auricle on Binaural 3-D Sounds

Hidehito Takao, Kageyu Noro (School of Human Sciences, Waseda Univ.)

1. はじめに

仮想現実(VR)空間において立体音響を用いることは、リアリティを演出する上で重要である。しかしながら、仮想音響空間において、定位感に必要な音響特性に関する報告は少ないといえる。

そこで、本研究では、VRの立体音響空間において、収録時に用いられる人工耳介の音響特性の違いが、呈示した際の人間の定位感に与える影響を検討する。

2. 耳介交換型ダミーヘッドマイクの制作

本研究では、まず、様々な被験者の耳を型どった人工耳介を交換することが可能な、耳介交換型ダミーヘッドマイクを制作した(図1)。

図1 耳介交換型ダミーヘッドマイク

これは、従来のダミーヘッドマイクでは、人工耳介の形状にバリエーションが少なく、交換も容易でないためである。

マイクの人工耳介部は、人間の皮膚と同じ固さをもつシリコンゴムでできており、容易に交換することが可能である。

3. 実験1. 人工耳介の音響分析

3.1 耳介の製作と収録

まず、被験者計3人の各耳介を型どりした(図2)。次に、型どりした3セットの人工耳介を耳介交換型ダミーヘッドマイクに装着して、音響収録を行なった。収録条件としては、3セットの耳介の片側(左耳)、および、基準値(コントロール)として、ダミーヘッドの耳介部を耳介無しにした状態の計4パターンで行なった。これらのパターンそれぞれについて、①水平面

上0°(正面)、②水平面上180°(真後ろ)計2条件にて提示した音源を収録した。条件①、②ともに、耳介部から音源までの距離を1mとし、水平面と正中面が交わる位置に音源を設定した。収録に使用したソースとしては、5Hz～22.05kHzのスweep音をスピーカ呈示し、DATにサンプリングビット数/周波数を16bit/48kHzにて収録した。

図2 型どりした各被験者の人工耳介

3.2 結果

分析にあたっては、前後それぞれの6k～20kHz帯域の音響特性に注目した。これは、実音響空間において、水平面上の音源の正確な定位のためには、音源が8k～16kHzの周波数成分を持つことが重要であると言われている²⁾ことを考慮したことが理由である。

収録した音響は、コンピュータにサンプリングビット数/周波数を16bit/48kHzにて取り込み、音響解析を行なった。その際、収録した音響について、それぞれの周波数における入力レベルの最大値をとり、耳介なしの状態をベースラインとした変化率を求めた(図3、図4)。

図3 条件①における各耳介の音響特性

図4 条件②における各耳介の音響特性

4. 実験2. 定位感の主観評価

4.1 実験

収録装置の人工耳介の形状による、音響フィルタ特性の違いが、特に前後における定位感にどのような影響を与えるのかについて主観評価を行なった。

実験は、まず3セットの人工耳介、および耳介なしの4パターンを耳介交換型ダミーヘッドマイクに装着して立体音響の収録を行なった。その際、呈示に用いた音響ソースとしては、8k～16kHzの周波数成分を豊富に含む鈴の音を用い、水平面上にて図5に示す条件で収録した。

図5 刺激収録条件

次に、収録した4パターンの音響を、被験者にヘッドホンを用いてランダムに呈示し、音像の動きについて聞き取り調査を行なった。音像の動きは実験後に聞き取り調査を行ない、その結果を、作成した記録用紙に記録した。その際、内省報告をあわせて記録した。

4.2 結果

主観調査より、1) 総じて前方定位がなされていない、2) 自分の耳介を用いた方が比較的正確に定位する、3) 自分の耳介を用いて収録された刺激に対して、特別な反応を見せることがある、といった内省報告が観測された。1) および2) に関して、顕著な例を図6および図7に示す。また、3) の具体例としては、「ゾクとした。この提示だけが、違う音に聞こえた。動き

きがあった。」というものや、「近くに行ったり遠くに行ったりがよくわかった。」といったプロトコルが挙げられる。

図6 前方定位がうまくなされなかった例

図7 自分の耳介を用いた場合の結果例

5. 考察とまとめ

実験1の結果から、6k～20kHz帯域において、水平面上の前後の音に対して耳介によるフィルタ効果が認められた。また、前方の音源に対して、10k～14kHz帯域において、後方の音源に対しては、11k～13kHz帯域において個人差がみられた。これを、実験2の結果2) および3) と併せて考えると、10kHz付近、11k～14kHz帯域における音響特性の個人差が、定位感に負の影響を及ぼしたと考えられる。このことから、これらの高域成分が、前後の弁別において重要であることが示唆された。

以上から、本研究においては、VRにおける立体音響空間において、1) 水平面上において前後の定位感を得るためには、10k～14kHz帯域の音響特性が、自分の耳介特性と近似である必要がある、2) 耳介の有無が臨場感を演出するうえで重要である、3) 自分の耳介を用いて立体音響を収録することで、より臨場感を演出することができることが明らかとなった。

今後の予定としては、より多くの被験者を対象とした、詳細な検討が挙げられる。

参考文献

- (1) 大森 峰輝: "プレゼンテーション映像と音像の相乗効果", 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.1, No.2, Page 1-7 (1996)
- (2) 中村克己: "水平面内における方向定位", 日本音響学会誌, Vol.30, No3, Page 151-160 (1974)