

VR システムでの HRTF 選択方法の比較

山本 遼人[†] 片桐 孝洋[‡] 荻野 正雄[‡] 永井 亨[‡]名古屋大学電気電子・情報工学科[†] 名古屋大学情報基盤センター[‡]

1. はじめに

VR(Virtual Reality)で使用される音響技術は、視覚的な立体感向けの画像処理技術に比べて、ディスプレイシステムで用いられる従来の技術である場合が多く、音は頭内定位し、前後の誤判定も頻繁に起こるのが現状である。一般に、立体的な音響を再現するには HRTF (Head-Related Transfer Function、頭部伝達関数) を音源に作用させる必要があるが、HRTF は個人によって異なり、計測にコストもかかる。これに対し、いくつかの HRTF に関するデータベースが公開されており、SOFA (Spatially Oriented Format for Acoustics) などの共通フォーマット化なども進められている [1]。よって、何かしらの推定によりデータベースから最適な HRTF を選択する方法が求められている。

本稿では、ダミーヘッドを基準として 2 つの HRTF 選択方法を比較検討の実験を提案する。具体的には、スペクトルキューによる推定および試聴による推定である。

2. HRTF の選択方法

2.1 ダミーヘッド

ダミーヘッドとは平均的な頭部をかたどったもので、多くの人に適用することができる。ただし、HRTF は個人によって異なり、他人のものを使用すると誤判定が頻繁に起こるので、ダミーヘッドでは質の高い立体音響はあまり期待できない。ダミーヘッドの HRTF を使用方法は最も簡易な方法であり、実験では次に示す 2 つの推定法の基準としている。

2.2 スペクトルキューによる推定

スペクトルキューとは、HRTF の主な周波数特性のことで、音源方向の知覚には 5kHz 以上のノッチとピークが重要であることが知られて

いる。このことから個人の HRTF のスペクトルキューと近い特性をもつ HRTF をデータベースから選択できれば、個人にあった HRTF を選出せると考えられる。

2.3 試聴による推定

これはデータベースからいくつかの代表的な HRTF を選出し、それらの HRTF を実際に適用した音源を試聴し、誤判定の少ない HRTF を採用するという方法である。ここで問題となるのは代表となる HRTF の選択だが、3 節で提案する実験では、ダミーヘッドと各 HRTF との距離を測定し、小さい順に並べ、それを等分割したそれぞれの中央に位置する HRTF を代表としている。例えば、5 分割すれば 5 つの代表となる HRTF を得ることができる。なお、距離は NFD で測定する。

3. 提案実験

提案する実験は 2 節で概略を説明した HRTF の選択方法の精度を比較する実験である。図 1 に実験の流れを示す。

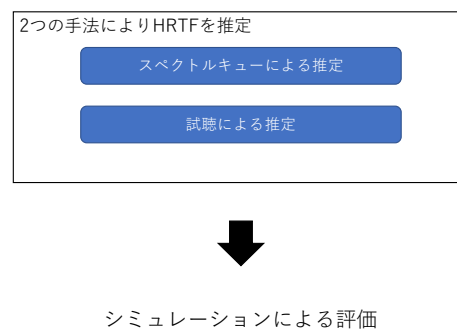


図 1 HRTF 推定実験の流れ

3.1 HRTF の推定

〈スペクトルキューの推定〉

スペクトルキューによる推定を行うには、個人の HRTF のノッチを調べる必要がある。これらを知るために被験者の耳の形状をノギスで測定し、参考文献 [2] で示された重回帰分析の結果を適用する。測定するのは図 2, 3 の 6 つのパ

Comparison of HRTF selection methods in VR system

[†] Ryoto Yamamoto, Electrical and Electronic Engineering and Information Engineering, School of engineering, Nagoya University[‡] Takahiro Katagiri, Masao Ogino, Toru Nagai, Information Technology Center, Nagoya University

ラメータ ($x_2, x_3, x_6, x_8, x_d, x_a$) である。これらからノッチ $N1, N2$ を推定する。

$$N1 = 116.9x_2 - 157.5x_3 - 183.4x_6 - 93.2x_8 - 131.4x_d - 48.7x_a + 14906.4$$

$$N2 = -327.0x_6 - 245.0x_8 - 172.8x_d + 23903.1$$

次に、データベースの HRTF を $N1, N2$ を抽出し、計測した $N1, N2$ との距離を NFD によって求めて最小となる HRTF を推定結果として採用する。

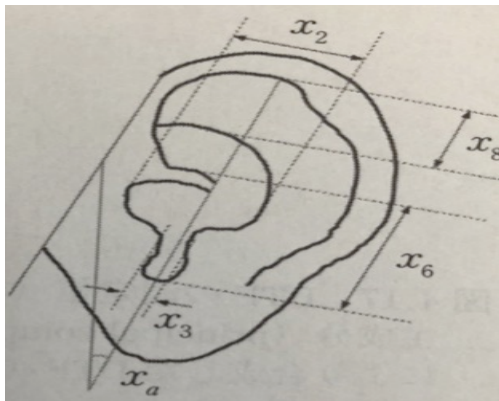


図2 計測する耳介パラメータ[3]

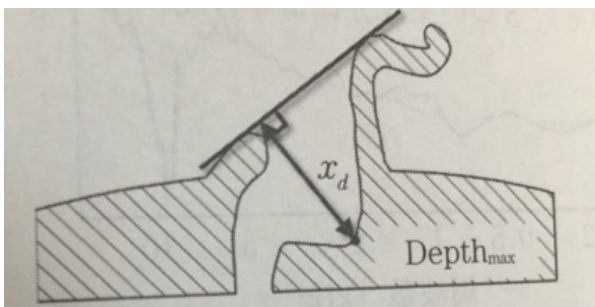


図3 計測する深さパラメータ[3]

<試聴による推定>

2 節で示した方法で 5 つの代表となる HRTF をデータベースから抽出する。NFD による距離の測定には $N1, N2$ が必要になるが、スペクトルキューによる推定の過程で求めた $N1, N2$ を使うことになる。

選んだ代表となる各 HRTF を実際に試聴し、簡単なテストにより点数をつける。テストは VR 空間で半径 1m の上半球にランダムに音源を配置し、被験者は音像の方向をポイントする。計 10 回試聴し、音源とポイントの角度の合計を計算し、最小となる HRTF を推定結果として採用する。

<シミュレーションによる比較>

推定により採用した 2 つの HRTF とダミーヘッドの HRTF の合計 3 つの HRTF を適用して、音像方向の知覚精度を評価する。VR での応用を考えているので、シミュレーションによるテストを行うが、目的に応じてシミュレーションの内容を帰るのが好ましい。例えば、前後誤判定に注目する場合や立体的な距離感に注目したい場合でシミュレーションの内容が変化することになる。

4. おわりに

本研究では、ダミーヘッドとスペクトルキューによる推定、試聴による推定の精度を比較するための実験について検討した。今後は提案した実験の実装を進め、実際に実験を行い、実験の有効性を評価する。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17H02829 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 岩谷幸雄: 頭部伝達関数による音像定位, 日本音響学会誌, Vol. 73, No. 3, pp. 173-180, 2017.
- [2] K. Iida, Y. Ishii, and S. Nishioka: Personalization of head-related transfer functions in the median plane based on the anthropometry of the listener's pinnae, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 136, No. 1, pp. 317-333, 2014.
- [3] 飯田一博: 音響テクノロジーシリーズ 19 頭部伝達関数の基礎と 3 次元音響システムへの応用, p82-100