

# バイノーラル再生系としてのOculus Riftヘッドホンの評価\*

○ 平原達也, 米原颯人 (富山県立大学)

## 1 はじめに

VR 向けの HMD (Head Mound Display) である Oculus Rift と 3D ビデオゲームの統合開発プラットフォームである Unity とリアルタイム処理に秀でたビジュアルプログラミング言語である Pure Data を用いて、視聴者の動きを反映した動的な視聴覚 3D ディスプレイシステムを構築した。

本稿では、「使用する機器の諸特性は事前に把握する」というお約束<sup>[1]</sup>に従い、Oculus Rift に附属するヘッドホンの音響特性を測定した結果と、静的・動的バイノーラル信号を Oculus Rift で再生して音像定位実験を行った結果について述べる。

## 2 音響特性の測定

**2.1 方法** Fig.1 に示すシステムを用いて、Oculus Rift ヘッドホンを外部アンプ (AT-HA20) で駆動したときの IEC 60318-04 (60711) カプラ応答、2~5 次高調波歪率特性、および音響クロストーク特性を測定した。また、Pure Data を用いて、オーディオ・アナライザ (B&K 3560C) の出力測定信号を AD 変換し、Oculus Rift 内蔵の音声出力系を実時間で駆動したときのカプラ応答も測定した。

**2.2 結果** Oculus Rift ヘッドホンのカプラ応答はその装着状態で変わった。Fig.2 に示すように、ヘッドホンを耳介前方に寄せて耳介と密着させた場合 (front-tight)、耳介後方に寄せて耳介と密着させた場合 (rear-tight) と耳介との隙間を広げた場合 (rear-loose) で、1.5~10 kHz のカプラ応答は 5~10 dB 異なったが、12 kHz に出現するノッチは不動であった。

Oculus Rift ヘッドホンの 2~5 次の総高調波歪率は、4 kHz 付近を除いて 200 Hz~20 kHz で -60 dB (0.1%) 以下であった (Fig.3)。

Oculus Rift ヘッドホンの片方のドライバから出力した音波が対側の耳にまわりこむ程度、すなわち音響クロストークは 100 Hz~20 kHz で出力音圧レベルの -50 dB 以下であった。

Oculus Rift ヘッドホンを直接駆動したとき

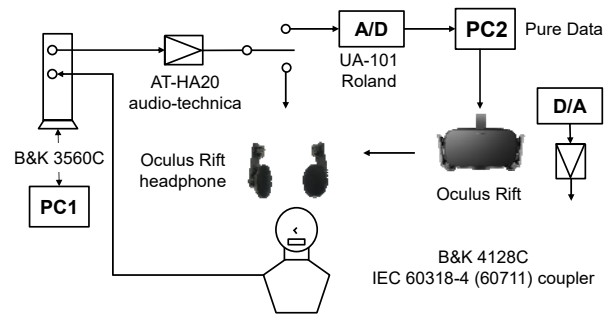


Fig. 1 Oculus Rift ヘッドホンの音響特性測定系

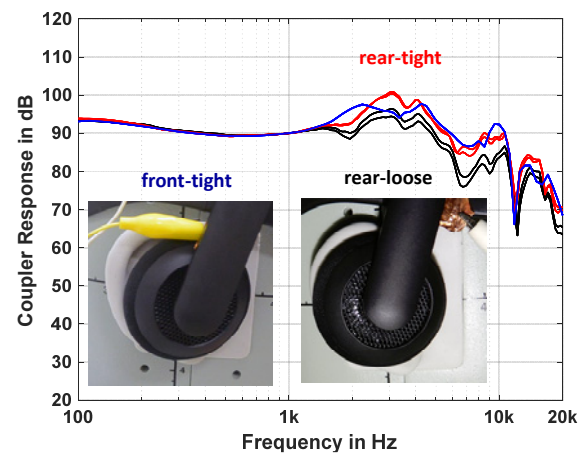


Fig. 2 Oculus Rift ヘッドホンのカプラ応答

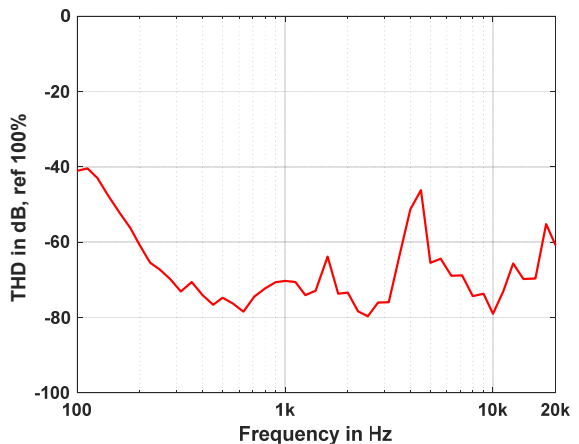


Fig. 3 Oculus Rift ヘッドホンの高調波歪率特性

と内蔵される音声出力系である DAC とヘッドホンアンプ (Cmedia, CM119BN) で駆動したときのカプラ応答の差から求めた Oculus Rift の内蔵音声出力系の周波数特性は 100 Hz~15 kHz で  $\pm 2$  dB 以内で平坦であった。

\* Evaluation of Oculus Rift headphones as a binaural reproduction system, by HIRAHARA Tatsuya, YONEHARA Hayato (Toyama Prefectural Univ.)

### 3 音像定位実験

**3.1 方法** 水平面音像定位実験システムは、Unity 用いて 1/60 s ごとに Oculus Rift 内蔵のモーションセンサから取得した頭部回転角を Unity OSC を用いて Pure Data に送り、それに応じた HRTF を白色雑音信号に畳みこんでバイノーラル信号を合成する。合成したバイノーラル信号は、Oculus Rift の音声出力系を用いて Oculus Rift ヘッドホン、あるいは PC に接続した外部 DAC を用いて密閉型ヘッドホン HDA200 [2] から再生する。

バイノーラル信号の合成に用いた HRTF は、非受聴者の実頭で、距離 1.2 m で 10° 毎の水平面で測定し、1° 間隔で線形補間したものである。Fs は 48 kHz、HRTF 長は 512 点である。

Oculus Rift の画面には 30° 間隔で円状に配置された大小 2 種類のボタンが表示され (Fig. 4)、受聴者は、定位した音像の方位をゲーム・コントローラを用いて選択する。大小 2 種類のボタンは頭内定位と頭外定位の区別用である。

受聴者は 20 歳台の健聴男性 5 名で、Oculus Rift ヘッドホンと耳覆い型の密閉型ヘッドホン HDA200 [2] を用い、頭部静止条件と頭部運動条件で、30° 間隔の各方位から呈示した持続時間 3 秒の刺激音の音像を定位させた。ランダムに 12 方向からの刺激音を 5 回ずつ呈示することを 1 セッションとし、各条件で 4 セッションの音像定位実験を行った。なお、刺激音の音圧レベルは正面方向の刺激音を 80 dB に設定した。

**3.2 結果** 5 名の受聴者の頭外定位正答率、前後誤り率、±30° 近傍誤り率の平均値を Fig.5 に示す。他人の HRTF を用いたために、頭部静止条件では頭内定位や前後誤りや近傍誤りが顕著だが、頭部運動条件では有意に減少した。また、Oculus Rift ヘッドホンと HDA200 で頭外定位正答率と各誤り率に有意差はなかった。

### 4 おわりに

バイノーラル再成系として Oculus Rift ヘッドホンを利用することに特段の問題はない。

#### 参考文献

- [1] 平原, “はじめての聴覚実験,” 日本音響学会誌 65(2), 81-86, 2009.
- [2] 平原, 青山, 大谷, ”イヤホンの音響特性と IEC60711 カプラの問題点,” 日本音響学会誌 66(2), 45-55, 2010.

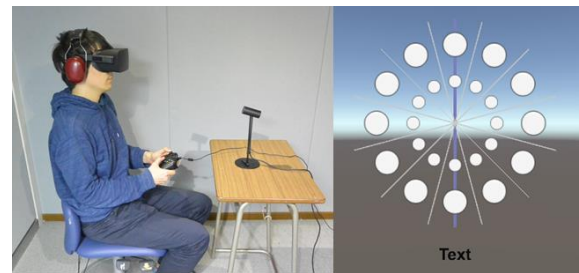


Fig. 4 Oculus Rift と HDA200 を用いた音像定位実験の風景 (左) と回答用 GUI 画面 (右)

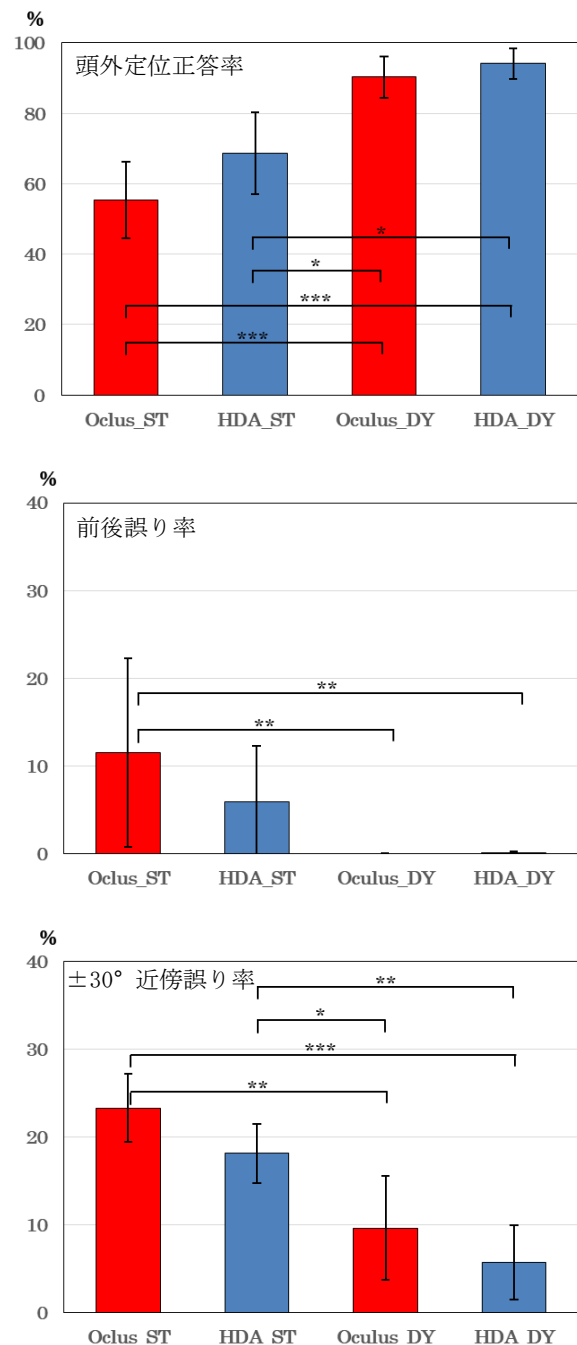


Fig. 5 音像定位実験結果 Oculus: Oculus Rift ヘッドホン, HDA: HDA200, ST: 頭部静止, DY: 頭部運動

#### 謝辞

本研究の一部は科研費 (16H01736) による。