

動的聴覚ディスプレイ用ワイヤレスヘッドホン*

○ 平原達也、松本拓也（富山県立大学・工学部）

1 はじめに

受聴者の頭部運動を反映した動的バイノーラル信号を用いると、静的バイノーラル再生方式に求められる厳密な音響条件を緩めても、高精度な立体音像を再生できる^[1]。しかし、動的バイノーラル信号を得るために、受聴者は、再生音の聴取中に頭部を動かしてその動きをバイノーラル信号に反映させる必要がある。そのとき、ヘッドホンケーブルが頭部運動の邪魔になる。本稿では、動的バイノーラル信号を再生する聴覚ディスプレイにワイヤレスヘッドホンを用いることの可否を判断するために、いくつかのワイヤレスヘッドホンの物理特性を測定した結果について述べる。

2 物理特性の測定方法

2.1 比較対象のワイヤレスヘッドホン

比較した5種類のワイヤレスヘッドホンをTable 1に示す。いずれも動電型のヘッドホンで、TH-WR700だけ耳載せ型、それ以外は耳覆い型である。

2.2 測定方法

ヘッドホンの諸特性は、IEC 60711 カップラを内蔵した HATS (Brüel & Kjaer, 4128C)、およびプローブマイク (Etymotic Research, ER7C) を挿入した実耳にイヤホン装着し、

オーディオアナライザ (Brüel & Kjaer, 3560C) を用いて測定した。カップラ応答は左右のドライバをそれぞれ5回ずつ HATS に装着し直して、実耳応答は男性3名の左右の耳でヘッドホンを5回装着し直して測定した。

ワイヤレス伝送の遅延時間は、ヘッドホンを HATS に装着し、DAC (Roland, UA-101) から出力した 1 kHz の正弦波バースト信号とカップラ出力信号の相互相関から求めた。

Table 1. 比較したワイヤレスヘッドホン

型番	メーカー	無線伝送方式
RS220	Sennheiser	2.4GHz 直接拡散
RS160	Sennheiser	Kleer
PX360BT	Sennheiser	Bluetooth
DW-05	AZDEN	2.4GHz デジタル
TH-WR700	TDK	Kleer

3 結果

3.1 周波数特性

Fig. 1 に各ヘッドホンのカップラ応答 (青線) と実耳応答 (赤線) を示す。10 kHz 以上の帯域ではどのヘッドホンも応答が低下しているが、その他に大きな問題は認められない。なお、どのヘッドホンも 8~9 kHz のカップラ応答は実耳応答よりも大きい^[2]。

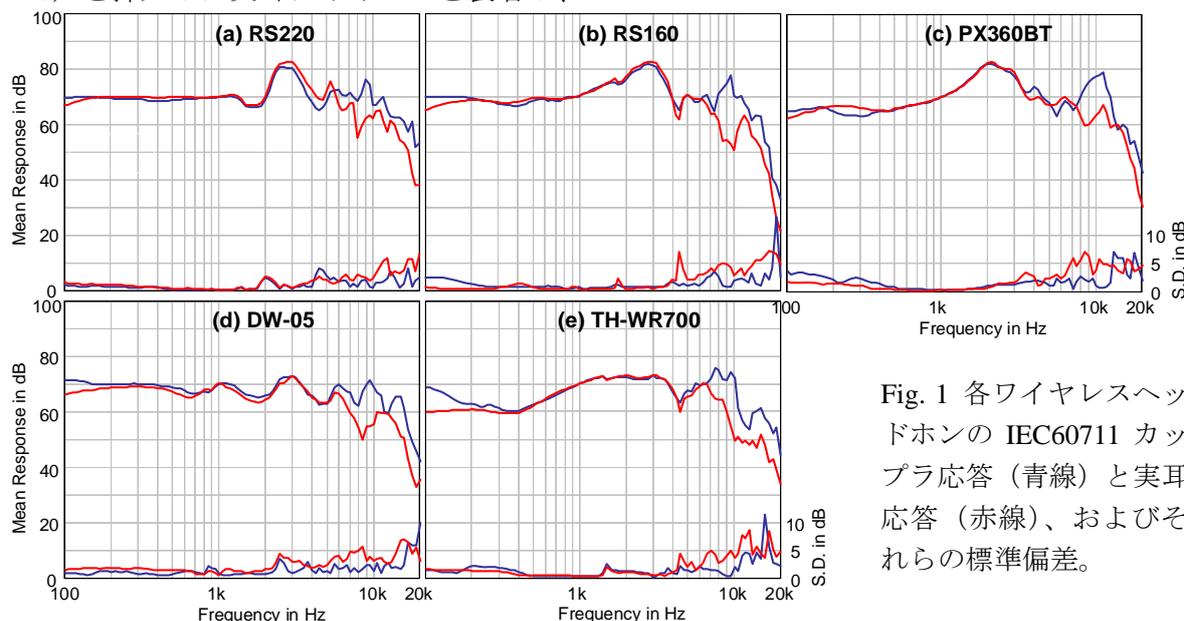


Fig. 1 各ワイヤレスヘッドホンの IEC60711 カップラ応答 (青線) と実耳応答 (赤線)、およびそれらの標準偏差。

* Wireless headphones for dynamic binaural auditory displays,
by HIRAHARA Tatsuya, MATSUMOTO Takuya (Toyama Prefectural University)

3.2 全高調波歪み特性

HATS で測定した 100 Hz~14 kHz の全高調波歪み特性 (THD) は、TH-WR700 を除いて -50 dB 以下であった。

3.3 クロストーク特性

実耳で測定した音響クロストーク特性は、RS160 を除いて、100 Hz~16 kHz の間で -30 dB 以下であった。なお、RS160 は電氣的なクロストークが大きい事を別途確認した。

3.4 雑音特性

Fig. 2 は、各ヘッドホンの L ch を HATS に装着し、送信部への入力信号を 0 V とし、電源 OFF 時 (黒線) と電源 ON 時 (青線) に測定した IEC60711 カプラの出力スペクトルの一例である。送信部と受信部の距離は約 1 m とした。同図に示されるように、電源 ON 時に、低音圧レベルではあるが、広帯域に渡る雑音が再生されていた。なお、120 Hz の成分は、HATS を設置した防音室内に生じている音成分で、そのレベルは時間的に変動する。

防音室内 ($L_A=16$ dB) では、ワイヤレスヘッドホンの電源を入れると、DW-05 以外は、入力信号が無い場合に複合音的な雑音が聴こえた。

3.5 遅延時間

送信部に入力したアナログ入力信号がヘッドホンで音として再生されるまでの伝送遅延時間は、RS220 が 21 ms, RS160 と DW-05 が 46 ms, PX360BT が 61 ms, TH-WR700 が 125 ms であった。RS220 では、受信部の出力電圧を取り出し伝送遅延時間を計測したが、その値は同じく 21 ms であった。

4 まとめ

比較したワイヤレスヘッドホンの中では、伝送遅延が最も短い RS220 が動的聴覚ディスプレイに適している。しかし、21 ms の伝送遅延といえども、それは頭部運動が動的バイノーラル音に反映されるまでの再生システムの総遅延時間に加算される。総遅延時間が長いと頭部運動と音像の動きのずれが分かるので、ワイヤレスヘッドホンを使うかどうかは、システム全体の使い勝手とのトレードオフになる。また、静かな環境では、電源 ON 時にワイヤレスヘッドホン内部で発生する雑音が聴こえるので、厳密な聴覚実験を行う場合は注意が必要である。

なお、最近のデジタル・ワイヤレス・マイクシステムの伝送遅延は 10 ms 以下なので、そのワイヤレス部のデバイスを用いれば、ヘッドホンでも遅延時間の短縮は可能である。

謝辞

本研究の一部は東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究による。

参考文献

- [1] T. Hirahara, D. Yoshisaki, D. Morikawa, "Impact of dynamic binaural signal associated with listener's voluntary movement in auditory spatial perception," Proc. ICA 2013, Montreal, 2013.
- [2] 平原達也、青山裕樹、大谷真, "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.

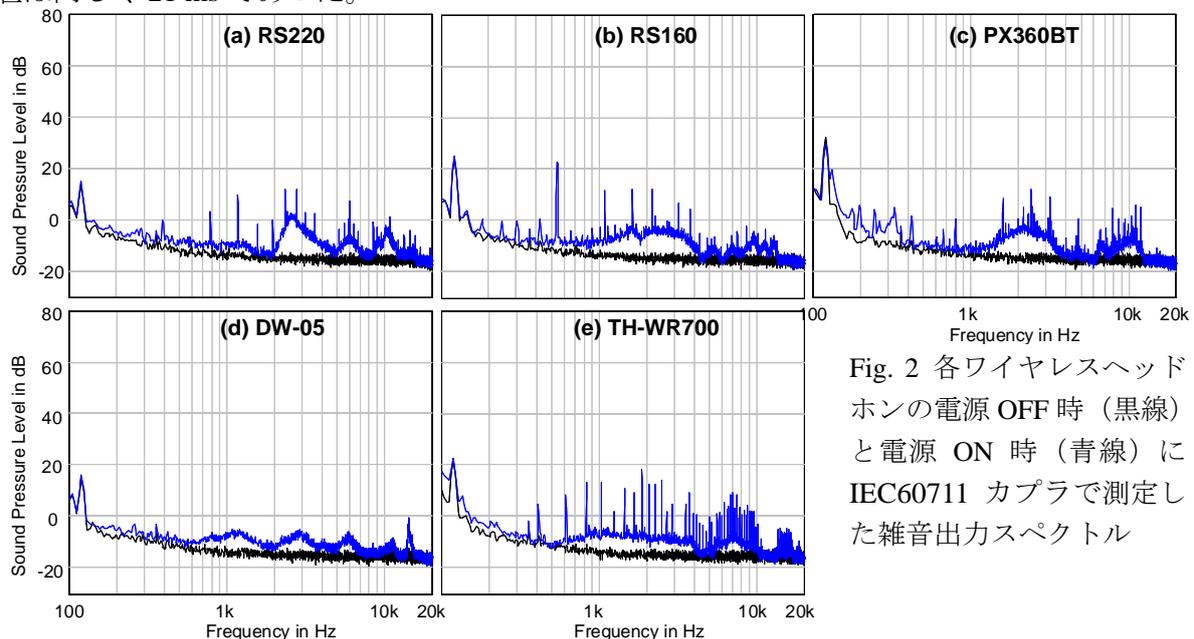


Fig. 2 各ワイヤレスヘッドホンの電源 OFF 時 (黒線) と電源 ON 時 (青線) に IEC60711 カプラで測定した雑音出力スペクトル