

上昇角知覚に関する頭部伝達関数の第1ピーク周波数の弁別閾*

☆西岡伸介, 石井要次 (千葉工大院・工学研), 飯田一博 (千葉工大・工)

1 はじめに

受聴者本人の頭部伝達関数(HRTF : Head-Related Transfer Function)を鼓膜上で再現することで任意の方向に音像を制御できるが, 他人のHRTFを用いると, 前後誤判定や頭内定位などの現象がしばしば発生する[1].

ヒトはHRTFに含まれる情報の内, 左右方向では両耳間差, 前後・上下方向ではスペクトルを方向知覚の手掛かりとしている. Iida *et al.*は, HRTFの振幅スペクトルの特定のピーク・ノッチで再構成した parametric-HRTF (pHRTF) を提案し, それを用いて音像定位実験を行い, 前後・上下方向の音像制御が可能であることを示した. さらに, 第1, 第2ノッチ(N1, N2)及び第1ピーク(P1)で再構成した pHRTF(Fig. 1)で, 実測HRTFと同等の精度で音像定位が可能であることを示し, 上昇角知覚のスペクトラルキューがHRTFのN1, N2であること, P1はN1, N2を探索するリファレンス情報であることを示した[2].

しかし, N1, N2, P1で再構成したpHRTFにおいて, 上昇角知覚に関するこれらの周波数の弁別閾は明らかになっていない. 本研究では, P1周波数の上昇角知覚に関する弁別閾を求めた.

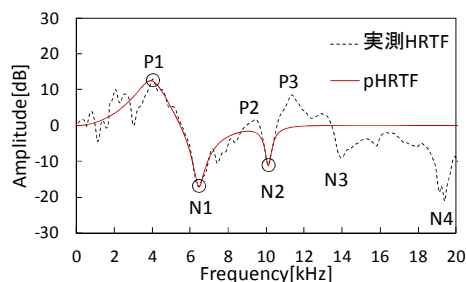


Fig. 1 N1,N2,P1で再構成したpHRTF

2 音像定位実験

2.1 実験方法

実験は消灯した防音室で行った. 実験シス

テムは, ノートPC(DELL XPS M1330), オーディオインターフェース(RME Fireface400), アンプ(Marants PM4001), オープンエアヘッドホン(AKG K-1000), A/Dコンバータ(Roland EDIROL M-10MX), イヤーマイクロホンで構成した. 音源信号は200-17000 Hzのホワイトノイズである. 被験者はオープンエアヘッドホンとイヤーマイクロホンを装着した状態で座り, 再生系の伝達関数 $C(\omega)$ を測定した. 測定後はイヤーマイクロホンを取り外し, 刺激 $P(\omega)$ を式(1)によって算出し, 被験者に提示した.

$$P(\omega) = S(\omega) \cdot H(\omega) / C(\omega) \quad (1)$$

ここで, $S(\omega)$ は音源信号, $H(\omega)$ はpHRTF

実験では, 基準刺激と比較刺激を用意した. 基準刺激は, 被験者本人のN1, N2, P1で再構成したpHRTFである. 比較刺激は基準刺激のP1周波数を $\pm 0.05, \pm 0.1, \pm 0.2, \pm 0.5$ [oct.]移動した8種類である. 基準刺激と比較刺激を対にして提示した. 各刺激の提示時間は1.2秒(前後に0.1秒の立ち上がり/下がりを含む), 2刺激の提示間隔は0.5秒である.

被験者には刺激対の上昇角が同じか異なるかを回答させた. 被験者は各刺激対について10回ずつ回答した.

被験者は20代男性4名. 目標方向は 0° (正面)と 180° (後方)の2方向である.

2.2 分析方法

2つの目標方向における高域側及び低域側の4つの弁別閾を以下の方法で求めた.

まず, 全被験者の回答を用いて, 刺激対の上昇角が異なるという回答の, 全回答に対する割合を刺激対ごとに求めた. それをz変換して, 回帰直線を求めた. それらの相関係数は0.853~0.996であった. 上昇角が異なるという回答した割合が50% ($z=0$)となる周波数変化量をそれぞれ算出し, 弁別閾とした(Fig. 2).

* Just-noticeable difference of frequency of the first peak of head-related transfer functions with regard to vertical angle perception, by NISHIOKA, Shinsuke, ISHII, Yohji and IIDA, Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

3 実験結果と考察

P1 周波数の弁別閾を Fig. 3 に示す。弁別閾は、 0° （正面）の高域側では 0.35 oct., 低域側では 0.47 oct. となった。 180° （後方）の高域側では 0.49 oct., 低域側では 0.54 oct. となり、 0° （正面）より弁別閾は大きい。

次に、 0° （正面）の弁別閾を東岡ら[3]の結果(HRTF の全てのピーク・ノッチで再構成した pHRTF を用いた場合)と比較する(Table 1)。高域側では約 0.4 oct. と同程度の弁別閾となった。低域側では今回の弁別閾の方が小さな値をとった。この結果は、実験に使用した pHRTF の違いにより生じていると思われる。東岡らの実験で用いた pHRTF は全てのピーク・ノッチで再構成しているため方向知覚の手掛かりが多く、そのため本実験の結果より弁別閾が大きくなったと解釈できる。

次に、今回求めた P1 周波数の弁別閾と P1 周波数の個人差を比較する。46 耳で実測した 0° （正面）と 180° （後方）の P1 周波数の分布を Table 2 に示す。P1 周波数は、 0° （正面）では、約 3500–4400Hz に分布し、0.35 oct. の個人差がある。 180° （後方）は、約 3000–4700Hz に分布し、0.60 oct. の個人差が存在する。今回の弁別閾と比較すると、 0° （正面）及び 180° （後方）の個人差は高域側弁別閾 + 低域側弁別閾 (0.82, 1.03 oct.) よりも小さい。つまり、P1 周波数の個人差は、音像の上昇角知覚に影響を及ぼさないと考えられる。

4 おわりに

本研究では、N1, N2, P1 で再構成した pHRTF を用いて 0° （正面）と 180° （後方）における上昇角知覚に関する P1 周波数の弁別閾を求め、以下のことを示した。

- 1) P1 周波数の弁別閾は 0.35 ~ 0.54 oct. であった。
- 2) P1 周波数の個人差は高域側弁別閾 + 低域側弁別閾よりも小さく、音像の上昇角知覚に影響を及ぼさない。

今後は、N1, N2 周波数の弁別閾を検討していく。また、今回は周波数に着目したが、その他のパラメータの弁別閾を求める。

謝辞

本研究の一部は科研費(基盤研究(A) 22241040)により実施した。

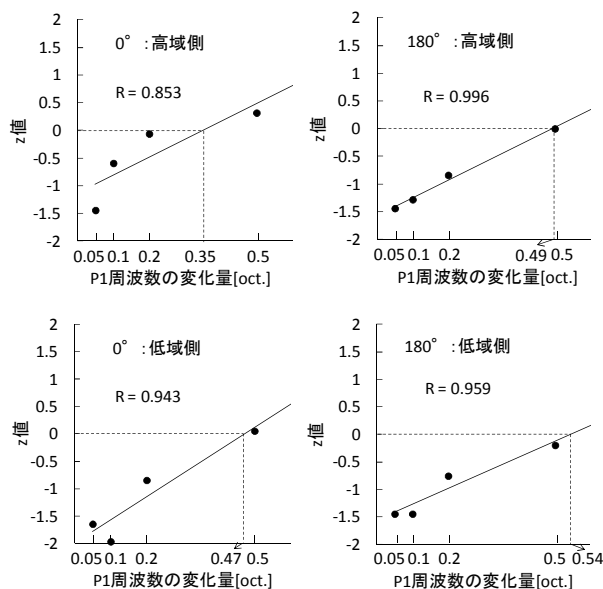


Fig. 2 分析結果

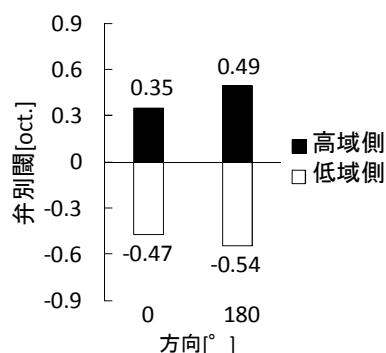


Fig. 3 P1 周波数の弁別閾

Table 1 正面方向の弁別閾の比較[oct.]

	今回の実験	東岡らの実験
高域側	0.35	0.40
低域側	0.47	1.00

Table 2 P1 周波数の分布 (46 耳)

方向[$^\circ$]	最小値[Hz]	最大値[Hz]	分布範囲	
			[Hz]	[oct.]
0	3469	4406	938	0.35
180	3094	4688	1594	0.60

参考文献

- [1] M. Morimoto and Y. Ando, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), vol.1, pp. 167-174, 1980.
- [2] K. Iida *et al.*, Applied Acoustics, vol.68, pp. 835-850, 2007.
- [3] 東岡他, 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp.37-40, 2007.