

頭部伝達関数の第1第2ノッチの深さと音像定位精度の関係*

☆橋本大地（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）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ことが報告されている[1]．またヒトは自身のHRTFの3kHz以上に存在する第1ピーク（P1）および第1，第2ノッチ（N1，N2）を上昇角知覚の手がかりとしていることが報告されている[2]．Moore *et al.*[3]は，8kHzのノッチを知覚するには-10~-20dB程度の深さが必要であることを報告している．

しかしN1，N2の深さが音像定位精度に及ぼす影響は明らかになっていない．本報では，ノッチの深さが定位精度にどのような影響をもたらすかを明らかにするため，N1，N2のレベルの深さと音像定位精度の関係を求めた．

2 音像定位実験

2.1 実験方法

被験者の正面方向のHRTFのすべてのピークとノッチで再構成したパラメトリックHRTF(pHRTF(all))を用いて，音像定位実験を行った．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(Panasonic Let'note)，オーディオインターフェース(RME Fireface UFX)，アンプ(Marantz PM4001)，オープンタイプヘッドホン(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200-17000Hzのホワイトノイズである．被験者はオープンタイプ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，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

実験では以下に示す38種類の刺激を用いた．

- 1) 正面方向の被験者本人の実測HRTF
- 2) 被験者の正面方向のHRTFのすべてのピークとノッチで再構成したpHRTF(all)
- 3) 2)のN1，N2のレベルを0~-35[dB]の範囲で7[dB]間隔で変化させたpHRTF(36種類)

pHRTFは，N1，N2をスプライン曲線で近似し，それ以外の帯域を多項式曲線で近似した(Fig.1)．

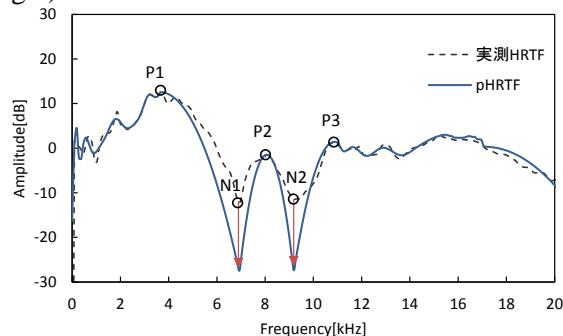


Fig.1 すべてのピーク，ノッチで再構成しレベルを変化させたpHRTFの一例

作成した36種類のpHRTFのN1，N2レベルをFig.1に示す．被験者本人のN1，N2のレベルにしたpHRTF(all)を37番，被験者本人の実測HRTFを38番とした．被験者本人のN1，N2のレベルをTable 1に示す．

38個の刺激をランダムに並べたものを1試行とし，全10試行からなる実験を5つのセッションに分けて行った．被験者は正常な聴力を持つ20代男性1名である．被験者は知覚した音像の上昇角をマッピング法により回答した．

Table 1 被験者のN1，N2のレベル

	N1Level [dB]	N2Level [dB]
L	-14.8	-11.9
R	-12.3	-11.5

* Relationship between the depth of the first and second notch of the head-related transfer function and sound localization accuracy, by HASHIMOTO, Daichi, IIDA, Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

3 実験結果と考察

各刺激に対する被験者の回答方向を 5° で丸めてプロットしたものを Fig. 2 に示す. 円の直径は回答頻度に比例する.

N1, N2 のレベルが共に -21dB 以下の場合(22, 23, 24, 28, 29, 30, 34, 35, 36) では, ほぼ正面に回答し, 後方に回答したのは 1 回だけであった.

N1, N2 どちらかが -7dB 以上の場合(1, 2, 7, 8), 回答方向の多くは後方であった.

また N1 または N2 が -7dB であり, もう片方のノッチが -21dB 以下の場合(10, 11, 12, 20, 26, 32) についてみると, N1 が -7dB の場合(10, 11, 12) は前方に知覚し, N2 が -7dB の場合(20, 26, 32) は後方に知覚する傾向があった.

さらに, Fig. 2 を 1-6, 7-12 のように N1 のレベルが同一の pHRTF 毎にみてる. 回答方向の分布が右下がりになる傾向があり, これは N2 のノッチが深くになるにつれ, 前方(目標方向)へ知覚する傾向があることを示している.

各レベルの平均定位誤差を Fig. 3 に示す. 横軸は N1 のレベル, 縦軸は N2 のレベルである. 色が薄い部分は誤差が小さいことを表し, 色が濃い部分は誤差が大きいことを表している.

N1, N2 が共に -14dB 以下の場合, 平均定位誤差が小さい. これは Table 1 と比較すると本人のノッチのレベル以下の範囲である.

また N1 が 0dB の場合と比べて N2 が 0dB の場合では, 平均定位誤差が大きい.

N1 が -35dB の場合と比べて N2 が -35dB の場合では, 平均定位誤差が小さい.

4 おわりに

被験者の正面方向の HRTF のすべてのピークとノッチで再構成した pHRTF(all)を用いて, N1, N2 のレベルの深さと音像定位精度の関係について検討した. その結果以下のことを示した.

- 1) N1, N2 が本人のノッチレベル同等以下では, 正面に知覚しやすい.
- 2) N1 より N2 の寄与が高い傾向がある.

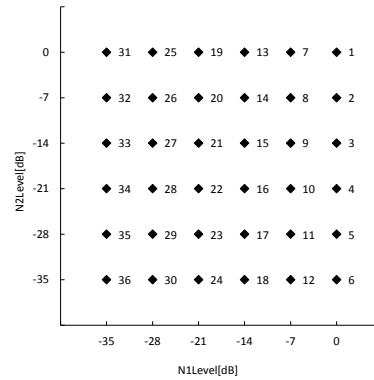


Fig.2 pHRTF の N1, N2 レベルと番号

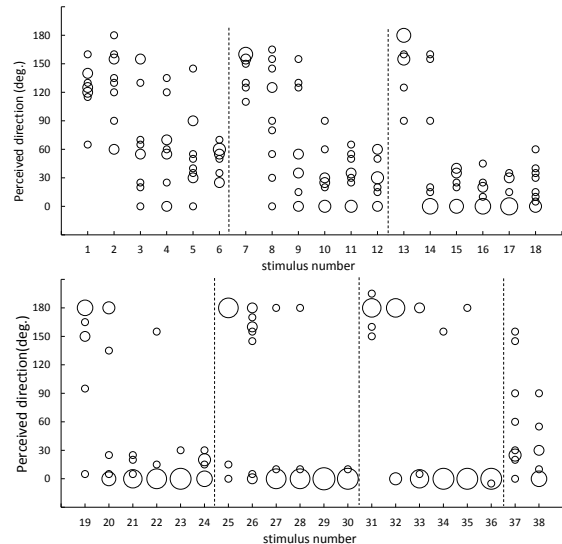


Fig.3 各 HRTF に対する回答

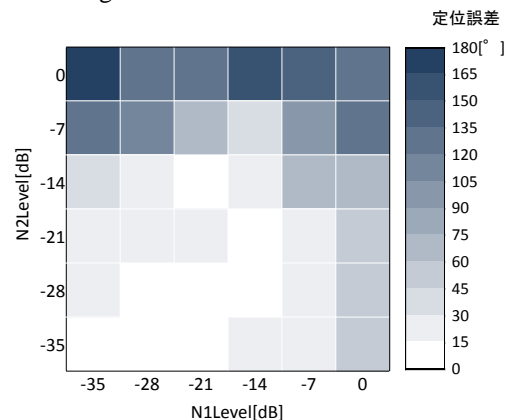


Fig.4 各 HRTF に対する平均定位誤差

謝辞

本研究の一部は文科省私立大学戦略研究基盤形成支援事業 (s1311003) により実施した.

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] B. C. J. Moore *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., Vol.85, No.2, pp. 820-836, 1989