

⑨ 仰角知覚における Parametric HRTF の スペクトラルピーク/ノッチの中心周波数の jnd*

4/27 まで

○飯田一博, 伊藤元邦 (松下電器), 板垣篤恵, △東岡泰一, 森本政之 (神戸大・工)

1 はじめに

著者らは[1], HRTF の振幅スペクトルを複数の Peak と Notch に分解し, それらの一部または全部を中心周波数, レベル, 尖鋭度で表現して再構成する Parametric HRTF を提案した. また, 正中面での音像定位実験により, 第 1 Notch(N1), 第 2 Notch(N2), 第 1 Peak(P1) の 3 つを用いて再構成した Parametric HRTF で実測 HRTF と同等の定位精度が得られることを示した. これらのことから, N1, N2 がスペクトラルキューとして仰角の知覚に重要な役割を果たしていること, および角度依存性のない P1 がアンカー情報として利用されているという仮説を提示した.

しかし, N1, N2, P1 を構成するパラメータをどの程度の精度で再現する必要があるかについては明らかでない. 本研究では N1, N2, P1 の中心周波数を変化させて音像定位実験を行い, 仰角知覚における丁度可知差 (jnd) を求めた.

2 音像定位実験

2.1 実験方法

実験システムは, ノート PC, オーディオインタフェース (RME Hammerfall DSP), イヤースピーカ (AKG K1000), およびイヤーマイクで構成した. ターゲット方向は, 正中面内の仰角 0° , すなわち正面方向とした. これは, 実音源を用いた際に知覚される仰角方向の jnd が最も小さい方向である. HRTF は, 被験者本人の実測 HRTF の全ての Peak/notch を用いて再構成した Parametric HRTF(all) を用いた. この HRTF のうち, N1, N2, P1 のいずれか 1 つの中心周波数を変化させた. 変化幅は, $\pm 1/2$, $\pm 1/3$, $\pm 1/6$, $\pm 1/12$ oct. の 8 種類である. 音源信号は 280Hz - 17kHz のホワイトノイズで, 継続時間は 1.2 秒(前後に 0.1 秒

の立ち上がり/下がりを含む)である. 中心周波数を変化していない刺激, および変化させた刺激を並べて対にして提示した. 対をなす 2 つの刺激の提示間隔は 0.5 秒である. 刺激対の数は, $3(\text{peak/notch}) \times 8(\text{変動幅}) = 24$ である. これらの刺激対の提示順を変えたもの(変化なし→変化あり, 変化あり→変化なし)を用意し, 計 48 個をランダムに並べたものを 1 試行とした. 25 試行からなる実験を行ない, 一つの刺激対に対して 50 個の回答を得た. 被験者は刺激対のうち, 後で提示された刺激の仰角が, 先に提示された刺激のそれと比べて, “大きい”, “小さい”, “違いがない”のいずれかで回答した. 刺激対は再生系の伝達関数補正を施してイヤースピーカから提示した. 提示音圧レベルは, 外耳道入口において 60 dB(A) である. 被験者は正常な聴力をもつ男性 2 名である.

2.2 回答の分析方法と結果

被験者の回答のうち, “大きい” および “小さい” の両者を異なる方向に定位したとみなした. 各刺激対の全ての回答数に対するこの 2 つの回答数の和の割合を求めた. z 変換をした後, P1, N1, N2 それぞれに対して, 高域側変化および低域側変化によって異なる仰角へ定位した回答の割合が 75% になる周波数変化量を算出し, jnd とした. Fig.1 に結果を示す. 横軸が中心周波数を変化させた peak/notch, 縦軸が jnd である. 縦軸の上半分が高域側変化, 下半分が低域側変化の場合の jnd を示している. なお, P1 の低域側変化については, 本実験で用いた変化範囲では異なる仰角に知覚する確率が 75% を超えなかったため, z 変換後の回帰式から外挿して求めた推定値を示している.

図より, 高域側変化に比べて低域側変化の jnd が大きいことがわかる. 高域側変化の jnd

* jnd of the center frequency of the spectral peaks and notches of Parametric HRTF for vertical localization- by IIDA, Kazuhiro, ITOH, Motokuni (AV Core Technology Development Center, Matsushita Electric Ind. Co., Ltd), ITAGAKI Atsue, HIGASHIOKA Taichi, and MORIMOTO, Masayuki (Fac. of Eng., Kobe Univ.)

は凡そ 1/6 から 1/2 oct の範囲にあるが、低域側変化では、1/3 から 7/6 oct(推定値)に及ぶ。特に、P1 の低域側変化の jnd は他の場合に比べて著しく大きい。また、最大で 1/3 oct 程度の個人差が観察された。

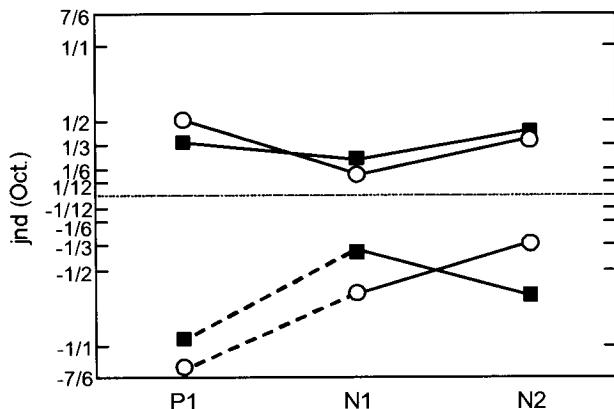


Fig.1 jnd of the center frequency of the spectral peaks and notches of Parametric HRTF for the target elevation of 0°. Subject ○:A, ■:B.

3 考察

Figure 2 に被験者 A の P1, N1, N2 の中心周波数および jnd の内側の周波数範囲を示す。これより、いずれの peak/notch においても、その上限および下限周波数は他の peak/notch の中心周波数(○)に重ならないことがわかる。このことは、著者ら[1]が提示した“仰角知覚のスペクトラルキューは N1, N2 であり、方向非依存の P1 は N1, N2 を比較分析するためのリファレンスの役割を担う”という説に基づけば、合理的な結果といえる。

また、P1 の低域側 jnd の絶対値が大きいことについては、以下のような解釈ができる。すなわち、P1 の低域側には重要な peak/notch が存在しないために、P1 の周波数が変化しても知覚のキューが破壊されない。N2 の高域側についても同様の解釈ができるかもしれない。

さらに、Moore *et al.*[2]が行なったノッチ周波数の弁別(方向知覚に限定しない)に関する実験結果と比較する。彼らは、広帯域ホワイトノイズに中心周波数 8 kHz のノッチが 1 つ存在する刺激を用いて、ノッチの中心周波数を変化させて jnd を求めた。その結果を Fig.2 の右端に示す。実験条件が異なるので単純には比較できないが、N2(中心周波数 8.7 kHz)

の仰角知覚に関する jnd と比べると、顕著に小さな値となっている。つまり、ノッチの中心周波数の違いを弁別できても仰角の違いは弁別できない状態が存在する。前者の jnd は約 1/9 oct で後者のそれは 1/3 - 1/2 oct である。

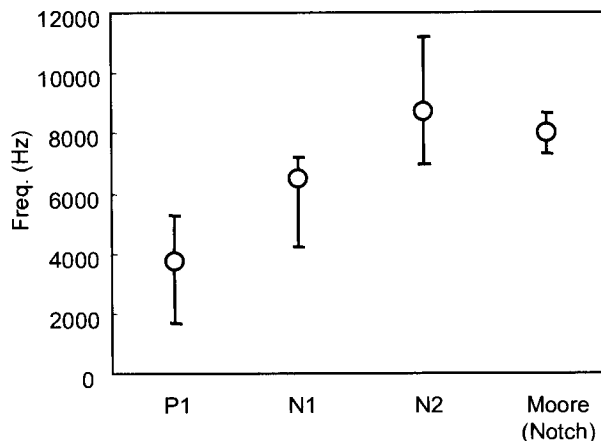


Fig.2 Center frequency of P1, N1, and N2 (circle), and the frequency range within jnd (bar) of subject A, and supplementary data from Moore's experiments for frequency discrimination of notches at 8 kHz (1989).

4 まとめ

音の仰角知覚の手掛かりと考えられる HRTF の 3 つの peak/notch (N1, N2, P1) の中心周波数を変化させて音像定位実験を行い、仰角知覚における丁度可知差(jnd)を求めた。結果は以下の通り。

- 中心周波数の高域側変化の jnd は凡そ 1/6 から 1/2 oct の範囲にある。
- 低域側変化では、1/3 から 7/6 oct(推定値)である。
- 特に、P1 の低域側変化の jnd は他の場合に比べて顕著に大きい。
- P1, N1, N2 それぞれの上限および下限周波数は他の 2 つの中心周波数に重ならない。

参考文献

- [1] K. Iida *et al.*, Proceedings of WESPAC IX (Seoul), 2006.
- [2] B. C. J. Moore *et al.*, J. Acoust. Soc. A.m., 85, 820-836, 1989.