

正中面のParametric-HRTFの最小構成について*

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

1 はじめに

前報[1]で, 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. さらに, 正中面での音像定位実験により, 全ての Peak/Notch を用いて再構成すると実測 HRTF と同等の定位精度が得られること, および特に第 1 Notch(N1), 第 2 Notch(N2)が仰角の知覚に重要な役割を果たしていることを明らかにした. その後, 被験者によっては N1, N2 は必要条件ではあるが, 十分条件とはならず, 角度依存性のない第 1 Peak(P1)が cue として利用されている可能性を示唆する実験データが得られた. 本報告では, 前報の実験で詳細な検討対象から外していた P1 を含めて音像定位実験を行い, 正中面定位に必要な Peak/Notch の最小構成を検討した.

2 音像定位実験

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より構成される. 音源信号は 280Hz - 17kHz のホワイトノイズで, 刺激の提示時間は 1.2 秒である. ターゲット方向は, 正中面内の 7 方向(0-180°, 30°間隔)である. 各方向に対して, 被験者本人の実測 HRTF, および N1, N2, P1 を含む組合せの Parametric-HRTF を用いた. 以降, Parametric-HRTF を pHRTF, 実測 HRTF を mHRTF と表記する. 被験者は正常な聴力を持つ 20 代の女性 1 名である.

Figure 1 に mHRTF, pHRTF(all), pHRTF(N1-N2), pHRTF(P1-N1-N2)の回答結果を示す. pHRTF(all)では, 対角線上に回答が分布しており, mHRTF と同様の定位精度が得られている. pHRTF(N1-N2)では, ターゲット方向が 120, 150, 180°では対角線上に回答が分布しているが, 0, 30, 60°の場合は後方に定位

している. pHRTF(P1-N1-N2)では, 90°を除きほぼ対角線上に回答が分布している. pHRTF(N1-N2)と比較すると, 0, 30, 60°で定位精度が大幅に改善されている.

Figure 2 および Table 1 に平均定位誤差と誤差の差の検定結果(t 検定)を示す. pHRTF(all)では, 全ての方向で mHRTF と同等の定位誤差であり, 統計的に有意な差はなかった. pHRTF(N1-N2)では, 120, 150°では mHRTF と有意な差はないが, 0, 30, 60, 90, 180°では有意な差が確認された. pHRTF(P1-N1-N2)では, 90°では有意な差が確認されたが, その他の全ての方向では mHRTF と同等の定位誤差であり, 統計的に有意な差はなかった.

3 考察

仰角の知覚において N1, N2 および P1 が大きな貢献をしていることについて考察を行う. N1 と N2 については, 仰角に依存して中心周波数, レベル, 尖鋭度が明確に変化している. この 2 つの Notch の物理的な変化が Spectral Cue として重要な役割を果たしていると考えられる. また, Hebrank and Wright[2]が帯域ノイズを用いた実験で報告している, 前方, および後方定位の手掛かりとも一致する. ただし, 広帯域ノイズを提示した場合は, 彼らが狭帯域ノイズを用いて示したような 1 つの Peak/Notch で特定の方向に定位するという現象は生じない.

一方, P1 は仰角依存性がほとんどない. Shaw and Teranishi[3]は, meatus-blocked 状態では, 入射方向にかかわらず 4-6kHz で約 10dB のゲインとなるブロードな特性の共鳴が生じることを示し, この共鳴特性は concha の深さで決定されるとしている. したがって, 仰角知覚への貢献について N1, N2 と同様の解釈はできないが, 仰角にかかわらず一定の特性を持っていることから, スペクトル比較のリファレンス(基準点)になっていると解釈す

* On the minimum composition of Parametric-HRTF in the median plane - by IIDA, Kazuhiro, ITOH, Motokuni (AV Core Technology Development Center, Matsushita Electric Ind. Co., Ltd), ITAGAKI Atsue, and MORIMOTO, Masayuki (Fac. of Eng., Kobe Univ.)

ることができる。聴覚システムが耳入力信号のスペクトル分析を行う際、どの方向に対しても共通の特性となる帯域があれば、それを基準とすることにより、スペクトル比較が非常に容易になると推測できる。同様の推論は Asano *et al* [4]も行っている。ただし、仰角知覚に対する P1 の効果には、前報も含めた 3 人の被験者の間で差がみられる。P1 の必要性は受聴者の Peak/Notch の構造や spectral cue の学習の程度など、個人の特性に依存すると推測される。この問題については、さらなる研究が必要である。

最後に、90° 方向の場合に P1-N1-N2 を用いても mHRTF と同等の定位精度が得られなかった理由を考察する。pHRTF(all)では mHRTF と同等の定位精度が得られたが、pHRTF(all)は P1,P2,P3,N1,N2 で構成されていることから、少なくともこの被験者の場合は P1,N1,N2 に加えて、P2,P3 のいずれか、もしくは両方が上方知覚に必要であると考えられる。従来の研究と比較すると、P2 は Hebrank and Wright が報告した上方定位の手掛かり、すなわち 7-9kHz の間の 1/4oct の Peak と一致する。また、Blauert[5]は、8kHz が上方の Directional Band であると報告しており、同様に P2 に相当する。これらの結果と併せて考えると、上方定位においては P2 が重要な役割を果たしていると推論することができる。

4 まとめ

正中面の音像定位に必要な Peak/Notch の最小構成を検討した。音像定位実験の結果、以下のことが明らかになった。

- 正中面の音像定位には、HRTF の第 1 Notch(N1)、第 2 Notch(N2)および第 1 Peak(P1)が重要な役割を果たしている。これらを再現することにより、実測 HRTF と同等の定位精度が得られる。
- N1,N2 は音源の仰角により中心周波数、レベル、尖鋭度が明確に変化する。これが手掛かりになっていると考えられる。
- P1 は音源の仰角に依存せず一定の特性をもつが、聴覚システムが N1,N2 を比較する上でのリファレンス情報として利用していると推論できる。
- 上方の音像定位には、P2 が重要な役割を担っている可能性がある。

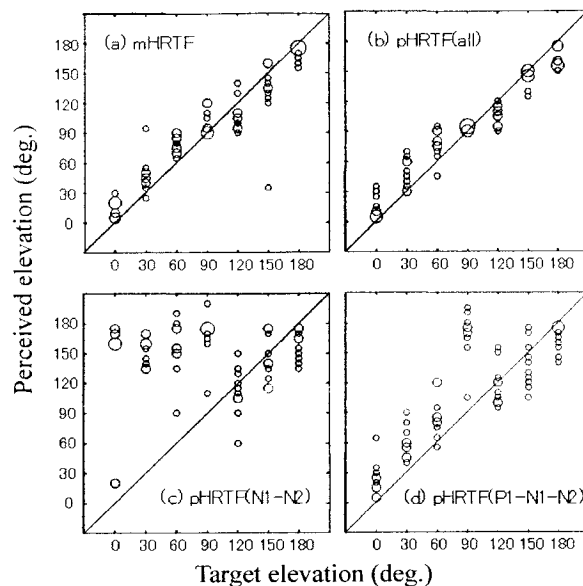


Fig.1 Localization responses to stimuli of mHRTF and pHRTF.

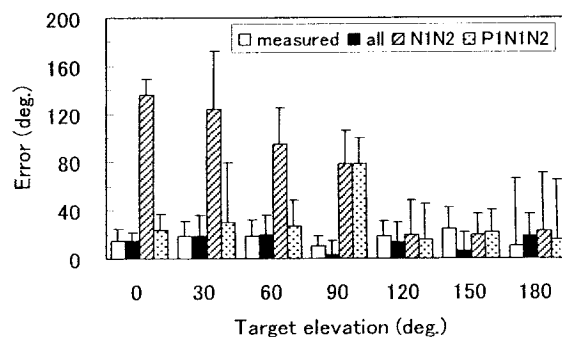


Fig.2 Mean localization error and standard deviation (bars).

Table 1 Result of t-test between mHRTF and each pHRTF (**: $p < 0.05$)

Peak/Notch	Target elevation (deg.)						
	0	30	60	90	120	150	180
All							
N1-N2	**	**	**	**			**
P1-N1-N2				**			

参考文献

- [1] 飯田他, 音講論 (秋), 461-462, 2005.
- [2] Hebrank and Wright, J. Acoust. Soc. A.m., 56, 1829-1834, 1974.
- [3] Shaw and Teranishi, J. Acoust. Soc. A.m., 44, 240-249, 1968.
- [4] Asano *et al.*, J. Acoust. Soc. A.m., 88, 159-168, 1990
- [5] Blauert, Acustica 22, 205-213, 1969/70.