

Spectral Cueと両耳間差Cueに基づいたParametric-HRTF - 正中面内における音像定位精度の検証 -*

○飯田一博, 伊藤元邦 (松下電器), 森本政之 (神戸大・工)

1 はじめに

Hebrank and Wright は正中面内の音像方向は HRTF の Peak/Notch の組合せで決定されると報告している[1]. また, 著者らは音像の上昇角知覚においては, 5kHz 以上の高域成分が優位に作用し[2], concha の伝達関数が作り出す Peak/Notch が重要な役割を果たしている[3]ことを明らかにしている. 本稿では, これらの知見をもとに, HRTF を複数の Peak/Notch で再構成し, それらをパラメトリック表現した Parametric-HRTF を提案し, その有効性を検証する.

2 Parametric-HRTF

まず, HRTF を複数の Peak と Notch に分解し, それぞれにタグを付ける(P1-Pn, N1-Nm). 次に, 各 Peak/Notch を Parametric-EQ により, 中心周波数, レベル, 尖鋭度で表現する. これらの Parametric-EQ の全部または一部と ITD, ILD 情報を用いて再構成することで Parametric-HRTF が得られる(Fig.1).

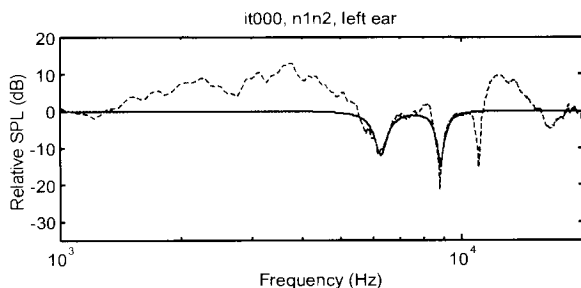


Fig. 1 An example of Parametric HRTF (subject IT, 0°). Dashed line: original (measured) HRTF, solid line: Parametric-HRTF (N1-N2)

3 音響心理実験

Parametric-HRTF の有効性を検証するために, 試験室(8m×8m)において正中面内の音像定位実験を行った. 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[4]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 (前後に 0.1 秒の立ち上がり/下がりを含む) である.

被験者は室内の中央にイヤースピーカとイヤーマイクを装着した状態で座り, まず再生系の伝達関数 $C(\omega)$ 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, $H(\omega)$ は実測あるいは Parametric-HRTF

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. 刺激は回答が終わるまで何回でも繰り返し聞くことができる. ただし, 次の刺激に移った後は戻ることができない.

刺激の種類は, 実測 HRTF, Parametric-HRTF, および HRTF を畳み込まない ($H(\omega)=1$ とした) 場合の 3 種類である. 全刺激をランダムな順で並べたものを 1 試行とし, 10 試行からなる実験を行った. ターゲット方向は, 正中面内の 7 方向 (0-180°, 30° 間隔) である.

4 実験結果と考察

Figure 2 にターゲット方向を正面(上昇角 0°)とした場合の各刺激に対する被験者の回答を示す. 横軸は刺激の種類, 縦軸は回答方向である. まず, 実測 HRTF では 0° 方向に精度よく定位し, HRTF を畳み込まない場合は回答が大きくばらついており, 実験システムの信頼性が高いことがわかる. 次に, P-HRTF に対する回答を見てみる. 1 つの Peak または Notch で再構成した場合は, いずれも回答方向はばらついてはいるが, 再構成する Peak/Notch が多い場合は, 実測 HRTF と同

* Parametric-HRTF based on spectral cues and interaural difference cues - accuracy of sound localization in the median plane - by IIDA, Kazuhiro, ITOH, Motokuni (AV Core Technology Development Center, Matsushita Electric Ind. Co., Ltd), and MORIMOTO, Masayuki (Fac. of Eng., Kobe Univ.)

等の定位精度が得られている。また、再構成する Peak/Notch が 2 個だけでも実測 HRTF と同等の定位精度が得られる場合があることがわかる。2 個の Peak/Notch の組み合わせにおいて、今回実験した 7 方向の間で共通に高い定位精度が得られたのは、N1 および N2 であった。

そこで、7 方向について、実測 HRTF、全 Peak/Notch で再構成した場合、N1-N2 で再構成した場合の回答方向を比較する(Fig.3)。全 Peak/Notch で再構成した場合は、対角線上に回答が分布しており、実測 HRTF とほぼ同等の定位精度が得られている。ただし、120°、150° では、回答がややばらついていて、N1-N2 で再構成した場合も同様に対角線上に回答が分布している。90°、120° においては、全 Peak/Notch の場合よりもむしろ実測 HRTF に近い回答分布となっている。しかし、150° では、定位精度が低下している。

一方、HRTF の物理的な振る舞いを観察すると、正中面内で音源方向に依存して中心周波数、レベル、尖鋭度が最も顕著に変化する Peak/Notch は N1、N2 であった。これより、この 2 つの Notch が Spectral Cue として重要な役割を果たしていると考えられる。

5 まとめ

Spectral Cue の研究結果に基づいて、Peak/Notch と両耳間差で構成する Parametric-HRTF を提案した。正中面内の音像定位実験の結果、以下のことが明らかになった。

- HRTF の Peak/Notch には上昇角知覚への寄与の高いもの (Spectral Cue) と低いものがある。特に第 1、第 2 Notch(N1、N2) が重要と考えられる。
- 寄与の高い少数の Peak/Notch だけでも、音像の上昇角を再現できる。

参考文献

- [1] Hebrank and Wright, J. Acoust. Soc. A.m., 56, 1829-1834, 1974.
- [2] Morimoto *et al.*, Acoust. Sci. Tech., 76-82, 2003
- [3] 飯田他, 音講論 (春), 439-440, 1997.
- [4] 飯田他, 音講論 (秋), 295-296, 2000.

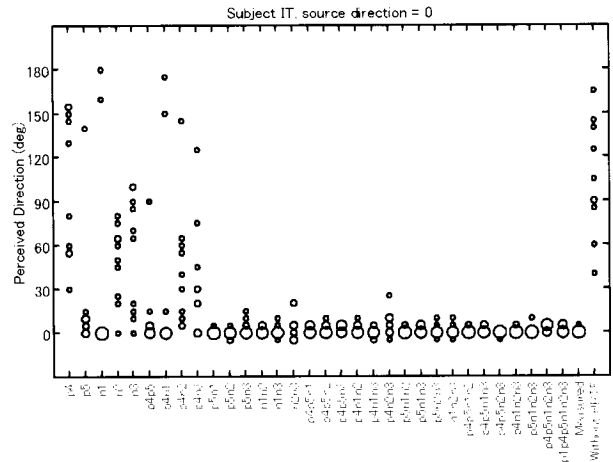


Fig. 2 Responses to stimuli of measured HRTF and Parametric-HRTF (0 deg.).

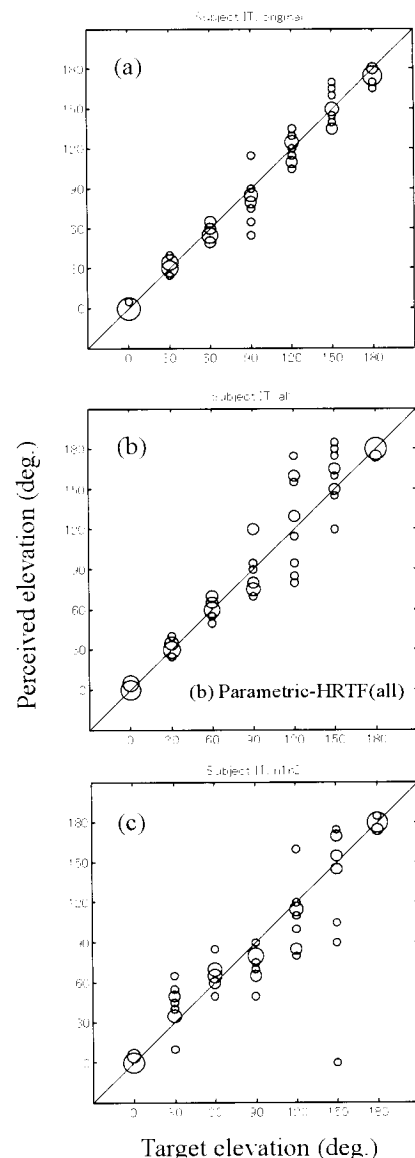


Fig. 3 Responses to stimuli of measured HRTF, Parametric-HRTF in the median plane. (a): measured HRTF, (b): Parametric-HRTF(all), (c): Parametric-HRTF(N1-N2).