

頭部運動が帯域制限雑音の水平面・正中面音像定位に与える影響*

◎森川大輔, 豊田勇気, 平原達也 (富山県立大 工学部)

1 はじめに

我々はこれまでに、ハイパス、ローパス、バンドパスノイズ(HPN, LPN, BPN)を用いた水平面音像定位実験を頭部静止条件で行い、2~12 kHz の周波数帯域が含まれていればほぼ完全に水平面の音像定位が可能であることを明らかにした^[1,2]。一方、音像定位に頭部運動が貢献していることが知られている^[3]。

そこで本報告では、周波数帯域の狭い HPN, LPN, BPN を用いて、水平面及び正中面の音像定位実験を頭部静止条件と頭部運動条件で行い、音像定位に頭部運動が与える影響を明らかにする。

2 音像定位実験システム

2.1 実験システム

PC 上で生成した信号を D/A 変換器(UA-101, Roland)から出力し、パワーアンプ(1705II, BOSE)を通してラウドスピーカ(MG10SD-09-08, Vifa)を駆動した。サンプリング周波数は 48 kHz とした。ラウドスピーカは半径 1 m の水平面と正中面の上方の円周上に 30°間隔で設置した。水平面のラウドスピーカの高さは 1.1 m とした。

2.2 刺激音

刺激音には広帯域雑音(0.02~20 kHz)と広帯域雑音にハイパス(遮断周波数 $f_c = 12$ kHz)、ローパス($f_c = 500$ Hz)、バンドパス($f_c = 2-4, 4-8, 8-12$ kHz)フィルタを通した HPN, LPN, BPN を用いた。

刺激音の持続時間は 3 s、ISI は 3 s で、刺激音の最初と最後に 30 ms の線形テーパをかけた。広帯域雑音を出力した場合の頭部中心位置での音圧レベルを 70 dB とし、他の刺激音はフィルタによる減衰分だけ音圧が下がっている。

2.3 実験手順

被験者はラウドスピーカの中心に置いた椅子に座り、実耳で受聴して実験を行った。被験者は刺激音の呈示中は目を閉じ、頭部静止

条件では、正面を向いて頭部を静止し、頭部運動条件では、水平方向に自由に頭部を動かした。

水平面音像定位実験では、回答は水平面 12 方向の強制選択で、12 方向に区分けした回答用紙の枠に 1 から 60 までの刺激音番号を記入させた。正中面音像定位実験では、回答は正中面 7 方向の強制選択で、設置したマイクに定位した方向を音声で回答させた。

1 セッションの実験は、水平面では 12 方向のラウドスピーカから 5 回ずつ計 60 回の刺激音を、正中面では 7 方向のラウドスピーカから 5 回ずつ計 35 回の刺激音をランダムに呈示した。各条件について 4 セッションの実験を行い、1 方向あたり 20 回の回答を得た。実験はそれぞれの刺激音、頭部条件で別々に行った。

2.4 被験者

正常な聴力を持った 20 名の男性 4 名を被験者とした。

3 実験結果

Fig. 1 に被験者 4 名の各刺激音に対する音像定位の正答率の平均値と標準偏差を示す。白枠が頭部静止条件、水色枠が頭部運動条件の結果である。また、音像は全ての条件で頭外に定位した。

3.1 水平面音像定位

頭部静止条件での広帯域雑音に対する音像定位正答率は 96% であった。しかし、帯域制限雑音の定位正答率は低下し、12 kHz 以上の HPN、500 Hz 以下の LPN、2-4、4-8、8-12 kHz の BPN に対する定位正答率はそれぞれ 76%、69%、64%、69%、70% であった。一方、頭部運動条件での全ての刺激音に対する定位正答率は 93% 以上であった^[4]。

3.2 正中面音像定位

頭部静止条件では、広帯域雑音でも定位正答率は 72% であり、12 kHz 以上の HPN、500 Hz 以下の LPN、2-4、4-8、8-12 kHz の BPN

* Impact of head-movement on horizontal and median sound localization with band-limited noise, by MORIKAWA Daisuke, TOYODA Yuki and HIRAHARA Tatsuya (Toyama Prefectural University).

に対する定位正答率はそれぞれ 39%、17%、28%、25%、29%であった。一方、頭部運動条件では、全ての刺激音の定位正答率は高くなり、広帯域雑音、12 kHz 以上の HPN、500 Hz 以下の LPN、2-4、4-8、8-12 kHz の BPN に対する定位正答率はそれぞれ 92%、71%、70%、55%、83%、70%であった^[4]。

4 考察

音像定位に寄与する両耳間時間差(ITD)は 1.5 kHz 以下^[5]から、両耳間音圧差(ILD)は 1.5 kHz 以上^[5]から、スペクトルの特徴(SF)は 5~10 kHz^[5]や 6~16 kHz^[6]から算出されると言われている。従って、500 Hz 以下の LPN は ITD、2~4 kHz の BPN は ILD、4~8、8-12 kHz の BPN と 12 kHz 以上の HPN は ILD と SF を用いて音像定位が行われる。

水平面の音像定位では、頭部運動によってそれぞれの帯域制限雑音の定位正答率が 17% 以上、最大 35% 向上し、93% 以上の定位が可能になった。これは、頭部運動によって、音像定位に、時間的変化が加わった情報、すなわち Δ ITD、 Δ ILD、 Δ SF を用いることが可能になり、前後誤りが激減したためであると考えられる。

正中面の音像定位では、頭部運動によってそれぞれの帯域制限雑音の定位正答率が 27% 以上、最大 57% 向上した。これは、静止した条件では、どの方向からの刺激音でも ITD と ILD が同じ(=0)で音像定位に用いることができず、SF だけしか用いることができないのに対して、頭部運動条件では、 Δ SF だけでなく、 Δ ITD、 Δ ILD を用いることが可能になったためと考えられる。

5 結論

4 名の被験者で、広帯域雑音、HPN、LPN および BPN を用いて水平面・正中面音像定位実験を頭部静止条件と頭部運動条件で行った。

その結果、12 kHz 以上の HPN、500 Hz 以下の LPN、2~4、4-8、8-12 kHz の BPN の定位正答率は、水平面音像定位では 17% 以上、最大 35%、正中面音像定位では 27% 以上、最大 57% 向上し、どの周波数帯域の刺激音でも頭部運動を行うことで音像定位が正確になることがわかった。

謝辞

本研究は科研費(22300061)の助成を受けた。

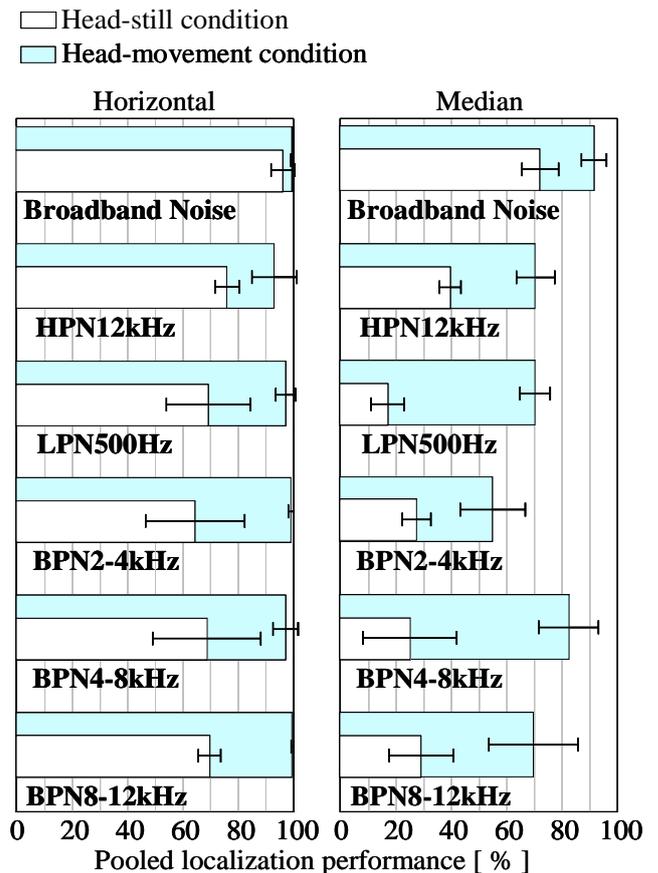


Fig. 1 被験者 4 名の音像定位正答率の平均値と標準偏差

参考文献

- [1] D. Morikawa *et al*, "Signal frequency range necessary for horizontal sound localization," *Acoust. Sci. Technol.*, 31(6), 417-419, 2010.
- [2] D. Morikawa *et al*, "Signal bandwidth necessary for horizontal sound localization," *Proc. 20th. International Congress on Acoustics*, 477.1-477.4, 2010.
- [3] 平原 他, "頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生にかかわる諸問題," *Fundamentals Review*, 2(4), 68-85, 2009.
- [4] D. Morikawa *et al*, "Impact of head movement on sound localization with band-limited noise," *Proc. Inter Noise*, 2011.
- [5] ブラウエルト 他, "空間音響," 鹿島出版会, 東京, 1986.
- [6] E. Langedijk *et al.*, "Contribution of spectral cues to human sound localization," *J. Acoust. Soc. Am.*, 112(4), 1583-1596, 2002.