

帯域通過および帯域阻止雑音による水平面音像定位*

©森川大輔, 平原達也 (富山県立大学 工学部)

1 はじめに

我々は、これまでに低域及び高域通過雑音 (LPN, HPN) を用いた音像定位実験を行い、2 kHz 以下または 12 kHz 以上の周波数帯域だけの成分が含まれる刺激音では水平面音像定位は十分に出来ないこと、被験者の最小可聴値によって、水平面音像定位に必要な周波数帯域が異なることを明らかにしてきた^[1]。

本報告では帯域通過雑音(BPN)及び帯域阻止雑音(BSN)を用いて水平面音像定位実験を行い、水平面音像定位に必要な帯域幅を明らかにする。

2 帯域通過雑音による水平面音像定位

水平面音像定位に必要な周波数帯域を明らかにするために、白色雑音と白色雑音を 6 種類の帯域通過フィルタに通した BPN について水平面音像定位実験を行った。

2.1 実験システム

音像定位実験は、PC 上で作成した信号を高さ 1.1 m で、半径 1 m の水平面円周上に 30° 間隔で配置した水平面 12 方向のスピーカから呈示する実験システムを用いた^[1]。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。

被験者は中心に置いた椅子に座り実耳で受聴した。被験者には刺激音の呈示中は目を閉じ、正面を向いて頭部を静止させ、刺激音の呈示後に回答するよう指示した。

白色雑音の音圧は頭部中心で 80 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。最も音圧が低い刺激音は 72 dB であり、実験を行う上で十分な音圧である。

2.2 実験方法

12 方向のスピーカから 5 回ずつ計 60 回の刺激音をランダムに呈示する実験を 1 セッションとし、1 被験者は各種類の刺激音について 4 セッションの実験を行った。被験者には音像の方向を水平面 12 方向から判断するよう指示した。

白色雑音の定位実験を初めに行い、BPN については低域側を f_{cL} 、高域側を f_{cH} とすると $f_{cL}-f_{cH} = 2-12, 4-12, 2-8, 4-8, 8-12, 2-4$ kHz の順に実験を行った。以後、遮断周波数 $f_{cL}-f_{cH}$ の各 BPN を $BPN_{f_{cL}-f_{cH}}\text{kHz}$ と表す。

2.3 実験結果

各帯域幅の BPN に対する被験者 4 名の定位正答率の平均と標準偏差を Fig. 1 に示す。

白色雑音と $BPN_{2-12\text{kHz}}$ の定位正答率は 90% 以上で、通過帯域が狭くなると前後の誤答が増加し、定位正答率は低下した。また、どの刺激音についても音像は頭外に定位した。通過帯域が狭い BPN では、正面の音像は頭外に定位するものの、頭部近傍に感じることがあるという内観報告が得られた。

2.4 考察

Fig. 1 から、2~12 kHz の周波数成分があれば定位正答率は 90% 以上であることがわかる。また、帯域が狭くなると定位正答率は低下し、低下の度合いは個人差が大きい。2~12 kHz の周波数成分だけで十分に音像定位が可能であるのは、音像方向の判断に主に数 kHz 以下の低周波成分から検出される ITD、3~14 kHz の帯域に存在する HRTF のスペクトルピークとノッチ、主に高周波成分から検出される ILD を、全て音像定位の手がかりとして利用

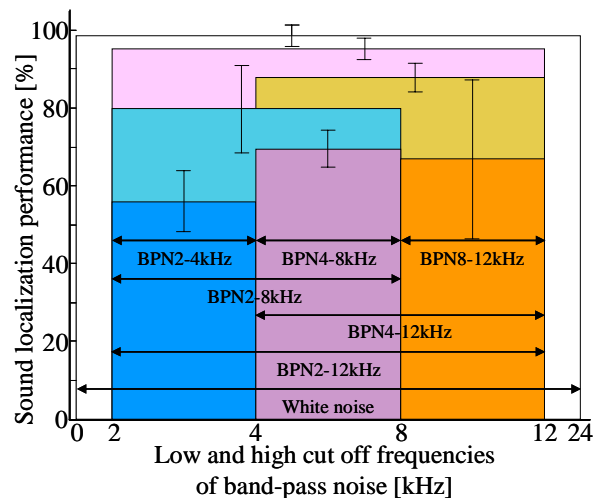


Fig. 1 BPN の定位正答率の平均と標準偏差

* Horizontal sound localization with band-pass and band-stop noises, by MORIKAWA, Daisuke and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural University).

できるためと考えられる。

今回と同じ被験者4名によるLPN、HPNを用いた水平面音像定位実験の結果^[1]では、 $f_c = 4$ kHzの低域通過フィルタを通したLPNと $f_c = 8$ kHzの高域通過フィルタを通したHPNの定位正答率は90%以上であった。しかし、BPN2-4kHzとBPN8-12kHzでは定位正答率は70%以下であった。このことより、2 kHz以下や12 kHz以上の低・高周波成分が含まれることによって、音像定位がより正確にできるようになることがわかる。これは、ILDは両耳間スペクトル差の周波数積分値であり、ある程度の帯域幅がないと音像定位の「計算」に利用できないためと考えられる。

3 帯域阻止雑音による水平面音像定位

2~12 kHz以外の成分が水平面音像定位に与える影響を明らかにするために、白色雑音と白色雑音を遮断周波数 $f_{cL}-f_{cH} = 0.5-12$ 、 $2-12$ kHzの帯域阻止フィルタに通した2種類のBSN (BSN0.5-12kHz, BSN2-12kHz)について、音像定位実験を行った。

3.1 実験1

BPNと同様の方法でBSNの音像定位実験を行った。その結果、BSNは低域音と高域音の2種類の音が知覚され、音像は別々の方向に定位することがあり、定位方向を判断することは困難であった。

3.2 実験2

音像が2方向に生じる条件を確認するために、BSN0.5-12kHz, BSN2-12kHzをそれぞれ12方向のスピーカから2回ずつ計24回ランダムに呈示し、どの方向からBSNを呈示した場合に、音像が2方向から聴こえるかを判断する実験を行った。

5名の被験者で実験を行った結果、各BSNはどの方向のスピーカから呈示しても低域音と高域音の2種類の音が鳴っているように知覚された。

刺激音を前面又は背面から呈示した場合には、一方の音像が前面、他方の音像が背面に定位し、音像が2方向に知覚された(Fig. 2)。ただし、低域音と高域音のどちらを前面と背面に知覚するかは被験者によって異なった。

また、同じ方向に音像を知覚した場合には、低域音に対して高域音が若干高い位置に定位することがあるという内観報告を全ての被験

者から得た。

3.3 考察

これまでに、2音源を異なる位置から同時に呈示した場合の音像定位についてはいくつかの報告がなされている^[2,3]。しかし、1方向から呈示した刺激音が2方向の音像として知覚されるという報告はない。

BSNが2方向の音像として定位されるのは、低域音と高域音が別々の音のまとまりとして知覚され、それぞれの位置がITDとILDによって「計算」された結果と考えられる。つまり、LPNとHPNを同時に呈示したのと同じである。

4 まとめ

BPN及びBSNを用いて音像定位実験を行った。その結果、2~12 kHzの周波数帯域が含まれていれば十分に音像定位ができること、2 kHz以下と12 kHz以上の周波数帯域も音像定位に寄与していることがわかった。また、2 kHz以下と12 kHz以上を含むBSNを呈示した場合、2種類の音として知覚され、前面と背面から呈示した場合には、前後の2方向に音像が定位する場合があることがわかった。

参考文献

- [1] 森川 他, “被験者の聴感度が水平面音像定位精度に及ぼす影響,” 音講論(春), 575-576, 2010.
- [2] 藤井 他, “2音同時呈示条件における音源定位—相対的位置関係と定位位置—,” 音響学会聴覚研資, H-2000-83, 1-7, 2000.
- [3] Brungart *et al.*, “Effects of bandwidth on auditory localization with a noise masker,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 126(6), 3199-3208, 2009.

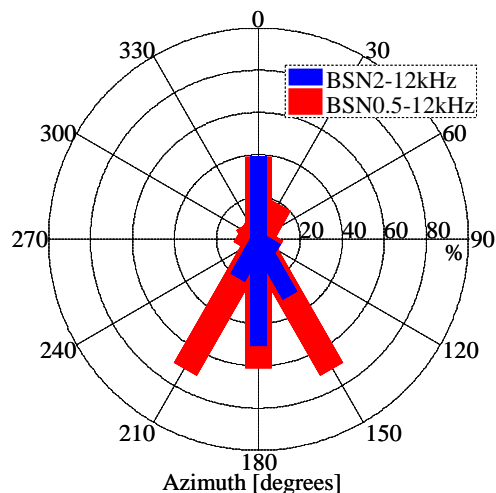


Fig. 2 音像が2方向に知覚された割合