

音の分離知覚が生じる阻止帯域幅の条件*

©森川大輔 (JAIST), 平原達也 (富山県立大学 工学部)

1 はじめに

1 つのスピーカから呈示した帯域阻止雑音 (BSN: Band Stop Noise) は、1 つの音ではなく、低域成分と高域成分とが分離して 2 つの音として知覚される場合がある^[1,2]。Hirvonen は、2 つの帯域通過雑音 (BPN: Band Pass Noise) を同時に呈示した場合に、2 つの BPN が別々の音として知覚される BPN 間の周波数の間隔を調べている。その結果、1.5 kHz 以下の帯域では 2 つの BPN の間が 1 ERB 以上離れていれば 2 つの BPN が分離して聴こえ、周波数が高くなるにつれて、2 つの BPN が分離して聴こえるために必要な周波数間隔が広がり、3 ~ 5 kHz の帯域の BPN と、それと重ならない高域の BPN が 5 ERB 程度離れていれば 2 つの BPN が分離して聴こえる、と報告している^[3]。本報告では白色雑音 (WN: White Noise) の 5 kHz 以上の一部の帯域を阻止した BSN が 2 つの音に分離して知覚されるために必要な阻止帯域幅を明らかにする。

2 実験方法

2.1 システム

PC 上で作成した信号を D/A 変換器 (Roland, UA-101) から出力し、パワーアンプ (BOSE, 1705 II) を通してスピーカ (Vifa, MG10SD-09-08) を駆動した。サンプリング周波数は 48 kHz とした。これまでに我々が行った BSN の音像定位実験の結果から、BSN を受聴者の後方から呈示した場合に、その音像が 2 方向に分離して定位しやすいことがわかっている^[1]。そこで、本実験では半径 1 m の水平面円周上に 30° 毎に並べた高さ 1.1 m のスピーカアレイ内、後方の 3 つ (150、180、210°) のスピーカから刺激音を呈示した。

刺激音の音圧レベルは、WN を呈示したときに、頭部中心位置で 70 dB とした。他の BSN の音圧レベルは、フィルタによる減衰分だけ下がっている。実験は残響時間 50 ms 以下、暗騒音レベル 23 dB の実験室で行った。

2.2 刺激音

刺激音は、WN と WN の 4955 ~ 9657 Hz (29 ~ 35 ERB-rate) の帯域を ERB-rate を基準として系統的に阻止した BSN である。BSN は WN を 512 次の帯域阻止型 FIR フィルタ (BSF: Band Stop Filter) を通して作成した。BSF の周波数特性は Fig. 1 に示すとおりで、阻止帯域減衰量は 60 dB とした。BSF の低域の遮断周波数を f_{cL} 、高域の遮断周波数を f_{cH} とし、各 BSN を $BSN_{f_{cL}-f_{cH}}$ として表すと、実験に用いた刺激音は、Table 1 に示す 17 種類に WN を加えた計 18 種類である。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。

2.3 実験方法

3 方向のスピーカから 18 種類の刺激音を各 1 回ずつ計 54 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、受聴者は 4 セッションの実験を行った。受聴者はスピーカアレイの中心に置いた椅子に座り、刺激音を実耳で受聴した。受聴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、刺激音の呈示が後終わった後に回答するよう指示

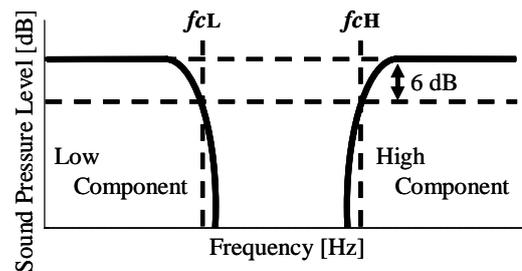


Fig. 1 帯域阻止雑音の周波数特性

Table 2 帯域阻止雑音の遮断周波数

阻止幅	刺激音		
1 ERB	BSN 29-30	BSN 30-31	BSN 31-32
1 ERB	BSN 32-33	BSN 33-34	BSN 34-35
2 ERB	BSN 29-31	BSN 31-33	BSN 33-35
3 ERB	BSN 29-32	BSN 32-35	
4 ERB	BSN 29-33	BSN 30-34	BSN 31-35
5 ERB	BSN 29-34	BSN 30-35	
6 ERB	BSN 29-35		

* Stop band width necessary for a band-stop noise which can be heard two separate sounds, by MORIKAWA, Daisuke (JAIST) and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural University).

した。受聴者には聴こえた音の数を「明らかに1つ」、「明らかに2つ」、「判断できない」の中から選ぶよう指示した。受聴者は20名の男性7名である。

3 実験結果

Fig. 2 に受聴者6名の各刺激音に対する結果の平均を示す。1名の被験者は、どのBSNも2つの音として知覚することが無かったため結果から除外した。外側の棒が「明らかに1つ」と回答しなかった割合(「明らかに2つ」または「判断できない」と回答した割合)、内側の棒が音像を「明らかに2つ」と回答した割合を示している。どの受聴者も、WNや阻止帯域幅が狭いBSN(1~2 ERB)は1つの音として知覚することが多かった。そして、阻止帯域幅が広くなるにつれて、BSNは2音に分離知覚することが多くなり、阻止帯域幅が4~6 ERBになると、BSNは2つの音として分離して知覚した。ただし、受聴者によって、どの帯域を阻止した方が分離して知覚しやすいかは個人差があった。受聴者の内観報告によると、BSNを1つの音ではなく2つの音に分離して知覚した要因は、低域音と高域音で、音像の位置、音像の広がり、音の音色が異なることである。

4 考察

実験結果から、4 ERB以上の帯域を阻止したBSNでは、音を2つに分離して知覚可以说える。この結果は、Hirvonenの高域のBPNの結果とも一致する。

これまでに、2-12 kHzを阻止したBSNでは、それを受聴者の後方から呈示した場合に、音像が2方向に分離しやすいこと^[1]、8-12 kHzを阻止したBSNを後方から呈示した場合には、音像を2方向に分離しやすいが、2-8 kHzを阻止したBSNを後方から呈示した場合には、音像は必ずしも2方向に分離しないこと^[2]がわかっている。本実験では最大で約5-10 kHzを阻止したBSNを後方から呈示しているが、音像は必ずしも2方向には分離しなかった。したがって、本実験に用いたBSNで音が分離したのは、音像の広がりや音色が異なることが主な要因で、音像を2方向に分離して知覚しやすくなるのは、高域音が12 kHz以上の成分からなる場合であると考えられる。

Hirvonenの低域(1.5 kHz以下)の結果と比

べ、分離して知覚するための阻止帯域幅が広くなるのは、1.5 kHz以下の帯域では両耳間時間差が音像定位に利用されるのに対して、5 kHz以上は両時間音圧差やスペクトラルキューが音像定位に利用されることが関与しているためと考えられる。

5 結論

WNの5~10 kHzの帯域のうち4 ERB以上の帯域を阻止したBSNでは、音を2つに分離して知覚する機会が多いことがわかった。また、このようなBSNに対する音の分離知覚には個人差があることもわかった。

謝辞

本研究の一部は科研費(25240026)の助成を受けた。

参考文献

- [1] 森川 他, “帯域制限雑音による水平面音像定位,” 信学技報 EA, Vol.110, No.239, pp.85-90, 2010.
- [2] 森川 他, “音像を二方向に分離知覚する帯域阻止雑音の条件,” 音講論(春), pp.533-534, 2011.
- [3] T. Hirvonen, “Segregation of Two Simultaneously Arriving Narrowband Noise Signals as a Function of Spatial and Frequency Separation,” Proc. Of 8th Int. Conference on Digital Audio Effects, pp.20-22, 2005.

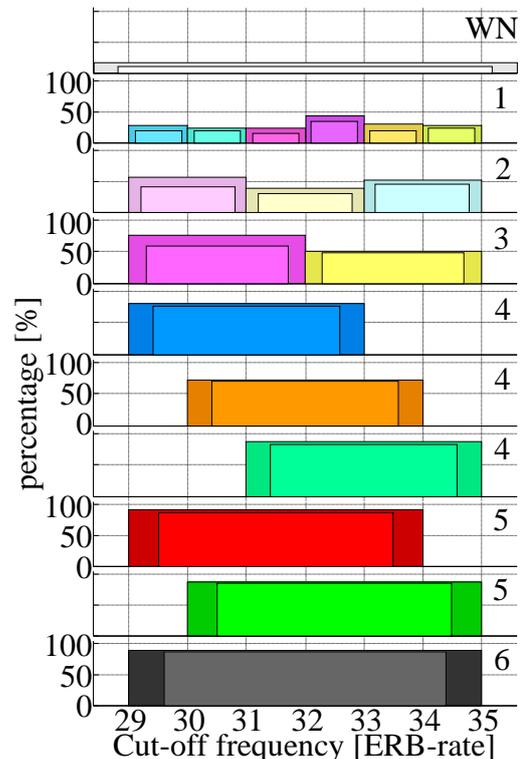


Fig. 2 刺激音毎の分離知覚の割合