

両耳間音圧差による 3 音像の分離知覚

森川大輔^{†1}

概要：本報告では、両耳間音圧差による 3 音像の分離が生じる条件を明らかにするために、両耳間音圧差を系統的に変化させた音色の同じ 3 つの白色雑音に対する音像定位実験をヘッドホンで行った。その結果、1 つの白色雑音の両耳間音圧差が 0 dB であり、2 つの白色雑音で音圧レベルが高い側面が逆で、その両耳間音圧差がそれぞれ 12 dB の場合に、音像は 3 つに分離知覚されやすくなることがわかった

キーワード：分離知覚、両耳間音圧差、バイノーラル、音像定位

Segregated perception of 3 sound images by interaural level difference

DAISUKE MORIKAWA^{†1}

Keywords: Segregated perception, Interaural level difference, Binaural, Sound localization

1. はじめに

ヒトは注意を向けて聴くことで、周囲に多種多様な音がある騒がしい環境化でも、目的の音が聴き取りやすくなる。この能力はカクテルパーティ効果と呼ばれ、古くからよく知られている[1]。カクテルパーティ効果を生じさせるためには、多種多様な音をそれぞれ別々の音として分離する必要がある。この手がかりとして、音の到来方向の違いや、ピッチの違い、アクセントの違い、音色の違い、言語の違いなど様々な情報が作用していると考えられ、特に音の立ち上がりや立下がり、振幅変化の周波数間での同期性・類似性、倍音構造、変化の滑らかさ、などの影響については、聴覚情景分析や音脈分凝として多くの条件で研究がなされている[2]。

音の到来方向の違いに着目した研究には、音の到来方向の違いによって目的音の検知能力が上昇する両耳マスキングレベル差[3]や、方向性マスキング解除[4-6]の研究がなされている。そして、これらの研究から両耳間の差に起因する両耳間時間差(ITD)、両耳間音圧差(ILD)が大きく寄与していることが明らかになっている。しかし、これらの研究では、異なる音色の刺激音を目的音とその他の音として用いた実験を行っていることが多く、その結果には音色の違いによる影響も含まれている。

我々はこれまでに、音色の違いが与える影響を排除した条件で、ITD、ILD が音像の分離・統合に与える影響について調査してきた[7]。その中で、2 つの白色雑音で音圧の大きい側面が同じ場合、白色雑音間で ILD がどれだけ異なっても音像は分離しないこと、2 つの白色雑音で音圧が大きい側面が逆、あるいは一方の白色雑音の ILD が 0 の

場合、白色雑音間で ILD の差が十分にあれば音像は分離することを明らかにした[8]。この結果から、音圧が大きい側面が逆になっている 2 つの刺激音と ILD が 0 の刺激音の 3 つまでは、ILD の違いによる情報だけで音像を分離可能であり、4 つ以上に音像を分離することは ILD だけを用いる場合には不可能であることが予想される。

そこで本報告では、3 つの白色雑音に異なる ILD を与えた場合に、白色雑音がどのように分離知覚されるかを明らかにする[9]。

2. 実験方法

2.1 システム

実験システムを図 1 に示す。システムは PC(Windows 10)、D/A 変換器(RME, Fireface UFX)、ヘッドホンアンプ(audio-technica, AT-HA21)、ヘッドホン(SENNHEISER, HDA-200) で構成される。D/A 変換器のサンプリング周波数は 48 kHz、量子化精度は 16 bit である。また、実験は A 特性音圧レベル 16 dB の防音室内で行った。

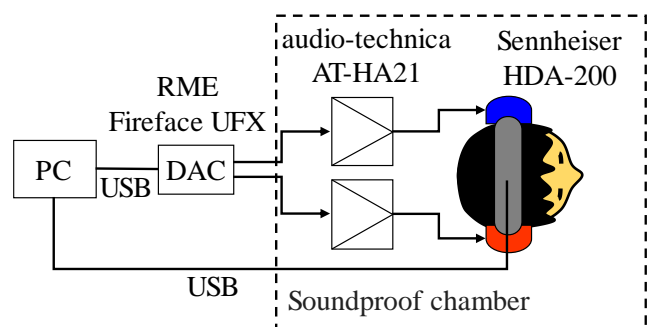


図 1 実験システム

Figure 1 Experimental System.

^{†1} 富山県立大学
Toyama Prefectural University

2.2 刺激音

無相関な3つの白色雑音(WN1, WN2, WN3)を用いて、それぞれの白色雑音のレベルを左右のチャンネルで変えることで、それぞれのILDを操作し、チャンネルごとに各白色雑音を合算することで刺激音を生成した。各白色雑音の長さはそれぞれ3sで、最初と最後に30msの線形テーパーをかけた。

WN1とWN2のILDは0dBから3dBおきに21dBまでと ∞ の9条件で、WN1は左チャンネル、WN2は右チャンネルでのレベルを反対側のチャンネルより高くした。実測した頭部伝達関数から全帯域の振幅スペクトルの平均値を8名分算出し平均したもの(図2)の、 $\pm 80^\circ$ の範囲内から該当するILD時の左耳と右耳のレベルを算出し、WN1とWN2のレベル操作に用いた。一方、WN3のILDは常に0dBで、 0° のレベルを用いた事と同義である。これは、WN3とWN1、WN2の間で、呈示される音圧レベルの変化量を少なくするためである。各白色雑音の出力信号の模式図を図3に示す。

実験はこの9条件に、LchからWN1のみ、RchからWN2のみを出力し、WN3は出力されない、Dichotic条件(図4)を加えた計10条件の刺激音で行った。ILDが ∞ の条件とDichotic条件では、WN1はILDが21dBの場合の左チャンネルと同じ音圧レベルで出力され、右チャンネルからは出力せず、WN2はその逆である。なお、ILDが0dBの条件では、全ての白色雑音が同じレベルで両チャンネルから出力されるDiotic受聴となる。刺激音の音圧レベルは、このILDが0dBの条件で70dBとした。

2.3 方法

10条件の刺激音について、それぞれ6回ずつ、計60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名の受聴者が4セッションの実験を行った。したがって、1受聴者から1種類の刺激音に対して24回の回答を得た。

受聴者は聴こえた音像の数を「1つ」、「2つ」、「3つ」の強制選択で判断し、刺激音の呈示間隔の3sの間に回答した。受聴者は健常な聴力を有する29~33歳の3名である。

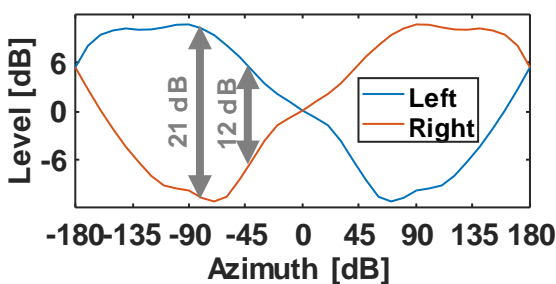


図2 角度毎のレベル
 Figure 2 Level of each direction.

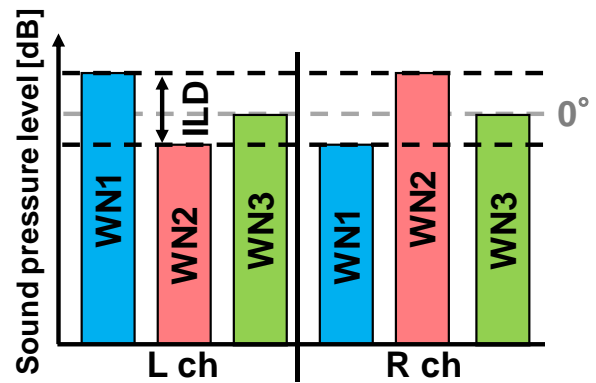


図3 出力信号の模式図
 Figure 3 Concept of output signal.

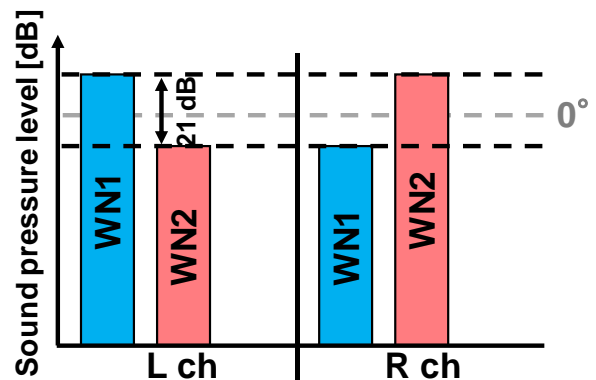


図4 Dichotic条件
 Figure 4 Dichotic condition.

3. 結果

すべての被験者でILDによる3音像の分離知覚が生じた。図5に音像が3つに分離知覚した場合のおおまかな知覚位置を示す。WN1は左側、WN2は右側、WN3は頭部中心に定位していると考えられる。

各刺激音に対する受聴者3名の音像の分離知覚が生じた割合の平均を図5に示す。青は音像が3つに分離知覚された割合、赤は音像が2つに分離知覚された割合を示している。

まず、Dichotic条件で音像が2つに分離知覚された割合は90%で、ほぼ音像は2つと判断された。一方、ILDが0dBの条件では、音像は分離知覚されなかった。

ILDが大きくなるにつれて、分離知覚される割合は高くなった。ILDが12dB以上の条件で、音像が分離知覚される割合は88%以上であった。しかし、ILDが15dB以上の条件では、ILDが12dBの条件よりも音像が3つに分離知覚される割合が減り、2つに分離知覚される割合が増えた。ILDが ∞ の条件で音像が2つに分離知覚された割合は90%となっている。

4. 考察

Dichotic 条件では、左側から呈示された WN1 と、右側から呈示された WN2 は、それぞれ左側と右側に定位されるはずである。一方、ILD が 0 dB の条件は、WN1、WN2、WN3 の和を Diotic 受聴したものであり、1つの音像が中心に定位される音像は1つの音像を音像は分離知覚されるはずである。Dichotic 条件ではほぼすべてで音像が2つに分離し、ILD が 0 dB の条件では全ての音像が分離しなかったことから、聴取者は正しく回答を行っていたと考えられる。

音像が分離知覚される割合は ILD が 12 dB 程度の場合で飽和した。この結果は、一方の白色雑音の ILD を 0 とし、他方の白色雑音の ILD を変化させた、2つの白色雑音を用いた2音像の分離知覚の結果と類似している[8]。

ILD が 15 dB 以上になると、ILD の増加によって、3音像の分離知覚が減り、2音像の分離知覚が増える。受聴者の内観報告によると、音像が2つに分離知覚された際には、左右の音像を知覚し、中央の音像が知覚されていない。したがって、WN3 が知覚されていないことになる。これは、WN1 と WN2 の音圧レベルがそれぞれの耳で WN3 と比べて高くなったことによって、WN3 が WN1 と WN2 に統合、もしくは WN1 と WN2 によってマスクされ、WN3 に対して注意を向けることができなくなってしまうためと考えられる。

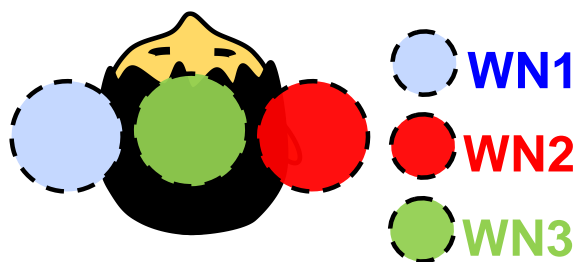


図 5 分離知覚時のおおまかな知覚位置

Figure 5 Perceived position of sound image in segregated perception.

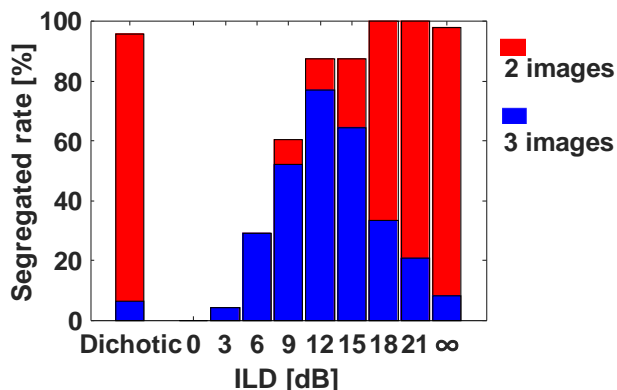


図 6 分離知覚の割合

Figure 6 Percentage of segregated perception.

5. まとめ

3つの白色雑音に異なる ILD を与えて呈示すると、1つの白色雑音の ILD が 0 dB であり、2つの白色雑音で音圧レベルが高い側面が逆で、その ILD がそれぞれ 12 dB の場合に、音像は3つに分離知覚されやすくなることがわかった。一方、2つの白色雑音の ILD がそれぞれ 15 dB 以上になると、ILD が大きくなるほどに、ILD が 0 dB の音像は知覚されにくくなり、音像は3つではなく左右の2つに分離知覚されやすくなることがわかった。

音圧レベルが高い側面を逆にして ILD を与える2つの白色雑音と、ILD を 0 dB とする白色雑音の、それぞれの音圧レベルの関係が、知覚する音像数にどのような影響を与えるかについては今後の課題である。

参考文献

- [1] 赤木正人, カクテルパーティ効果とそのモデル化, 信学会誌, vol.78, no.5, pp.450-453, 1995.
- [2] 津崎実, 聴覚の情景分析の概説: 聴覚心理学からのアプローチ, 信学技 SP, vol.102, no.247, pp.19-24, 2002.
- [3] B.C.J. ムーア, 聴覚心理学概論, 誠信書房, pp.230-234, 1994.
- [4] Masanao Ebata, Toshio Sone, Tadamoto Nimura, "Improvement of hearing ability by directional information," J. Acoust. Soc. Am., vol.43, no.2, pp.289-297, 1968.
- [5] Koursh Saberi, Lynda Dostal, Toktam Sadralodabai, Vicki Bull and David R. Perrott, Free-field release from masking, J. Acoust. Soc. Am., vol.90, no.3, pp.1355-1370, 1991.
- [6] Naoki Kuroda, Junfeng Li, Yukio Iwaya, Masashi Unoki and Masato Akagi, Effects of spatial cues on detectability of alarm signals in noisy environments, Principles and Applications of Spatial Hearing, World Scientific, pp.484-493, 2011.
- [7] Daisuke Morikawa, Effect of interaural difference for localization of spatially segregated sound, Proc. International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing 2014, pp.602-605, 2014.
- [8] Daisuke Morikawa, Relationship between Localization of Spatially Segregated Sound and Variation in Interaural Level and Time Differences due to Head Rotation, Journal of information hiding and multimedia signal processing, vol.8, no.6, pp.1420-1429, 2017.
- [9] 森川大輔, 両耳間音圧差による3音像の分離と統合, 日本音響学会 2019 年秋季研究発表会 講演論文集, pp. 533-534, 2019.