

## 両耳間時間差・音圧差による音像の分離知覚の検知限\*

☆酒井翼, 森川大輔, 平原達也 (富山県立大)

### 1 はじめに

音像の分離知覚とは音像を異なる2つ以上の塊として知覚することである。この現象は、両耳間時間差(ITD)または両耳間音圧差(ILD)によって音色が同じ2つの刺激音であっても生じることが報告されている<sup>[1]</sup>。しかしこの報告では、白色雑音に対する音像の分離知覚実験しか行っていない。

そこで本稿では、両耳間時間差・音圧差による音像の分離知覚の検知限と検知限に刺激音の周波数帯域が与える影響を明らかにするために、帯域雑音に対する音像の分離知覚実験を行った結果について述べる。

### 2 実験方法

#### 2.1 実験システム

実験システム<sup>[2]</sup>を Fig.1 に示す。PC(Windows 10, 64bit)で生成した刺激音を DA 変換器(Fireface UCX, RME)、ヘッドホンアンプ(AT-HA21, audio-technica)を通し、ヘッドホン(HDA-200, Sennheiser)で音圧レベル 70 dB で再生した。サンプリング周波数は 192 kHz とした。

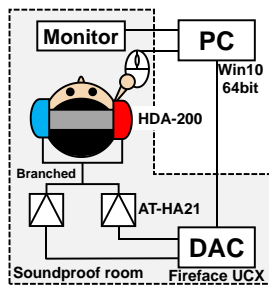


Fig. 1 実験システム

#### 2.2 心理学的測定法の検討

白色雑音に対する音像の分離知覚の予備実験を恒常法、調整法、変形上下法(2up-2down)<sup>[3]</sup>の3つの測定法で被験者1名で行った。

ITD を変えたときの音像の分離知覚の検知限の値を ITD-DL、ILD を変えたときの音像の分離知覚の検知限の値を ILD-DL とすると、恒常法では ITD-DL が 148  $\mu$ s、ILD-DL が 4.3 dB であった。調整法では ITD-DL が 87.3  $\mu$ s、ILD-DL が 4.4 dB であった。変形上下法では ITD-DL が 21  $\mu$ s、ILD-DL が 1.3 dB であった。

恒常法は、ITD または ILD の上限や変化幅を適切に設定しないと、カーブフィッティングで正確な ITD-DL または ILD-DL が求めることができない。変形上下法は ITD または ILD の変化幅が小さくなるにつれて、検知限付近の刺激音を何度も聴くため、分離しているかどうかの判断が難しい。これに対して調整法は、被験者が刺激音の ITD または ILD の値を自由に調整できるため、音像の分離知覚の検知限を回答しやすい。また3つの測定法の中で所要時間が一番短く、実験の手続きも簡単である。したがって、今回の音像の分離知覚実験では調整法を採用した。

#### 2.3 刺激音

刺激音は2つの無相関なピンクノイズ(PN1, PN2)に3つの帯域フィルタを通して生成された。帯域フィルタは低域周波数(250 Hz ~ 1 kHz)と高域周波数(2 kHz ~ 8 kHz)と広帯域周波数(250 Hz ~ 8 kHz)の3つである。刺激音のスペクトルを Fig.2 に示す。

ITD を操作する刺激音は低周波成分のみを含む ITD-Low と広帯域成分を含む ITD-Wide の2つである。ILD を操作する刺激音は高周波成分のみを含む ILD-High と広帯域成分を含む ILD-Wide の2つである。

刺激音の ITD または ILD は、PN1 が頭部中心から左側、PN2 が頭部中心から右側に定位するように設定した。受聴者が知覚する分離音像を Fig.3 に示す。刺激音の ITD または ILD が小さいと PN1 と PN2 の音像は1つに知覚され、ITD または ILD が大きいと PN1 と PN2 の音像は頭内で左右に2つに分離して知覚される。

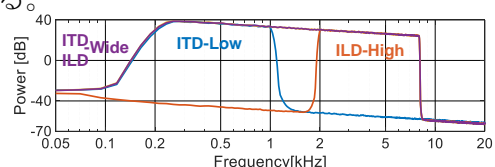


Fig. 2 刺激音のスペクトル

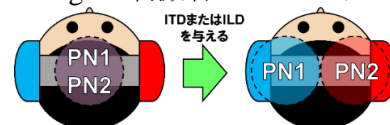


Fig. 3 受聴者が知覚する分離音

\*Detection limit of sound images spatially split by interaural time and level difference, by SAKAI Tsubasa, MORIKAWA Daisuke, TATSUYA Hirahara

## 2.4 実験手順

被験者は、刺激音の ITD または ILD をマウスホイールで自由に増減して、音像が頭内で分離しはじめた点を回答した。刺激音の初期値は ITD = 0  $\mu$ s、ILD = 0 dB である。ホイール 1 スクロールあたり ITD は約 5  $\mu$ s (1 サンプル)、ILD は 0.2 dB 変化する。

刺激音毎に 10 回の回答を得た。そのうち、1~5 回目の回答を練習試行、6~10 回目の回答を本実験とした。被験者は健全な聴力を有する 22~34 歳の 9 名である。

## 3 実験結果

Fig.4 に各刺激音の ITD-DL、ILD-DL の平均値を示す。ITD-DL の平均値は ITD-Low で 103.4  $\mu$ s、ITD-Wide で 107.8  $\mu$ s であった。刺激音と被験者で 2 要因の分散分析を行った結果、刺激音に有意差はなく ( $F(1,72) = 0.26, p < 0.05$ )、被験者に有意差があった ( $F(8,72) = 24.3, p < 0.001$ )。また、被験者と刺激音に交互作用が認められた。

ILD-DL の平均値は ILD-High で 7.2 dB、ILD-Wide で 5.6 dB であった。刺激音と被験者で 2 要因の分散分析を行った結果、刺激音に有意差があり ( $F(1,72) = 27.34, p < 0.001$ )、被験者にも有意差があった ( $F(9,72) = 28.2, p < 0.001$ )。また、被験者と刺激音に交互作用が認められた。

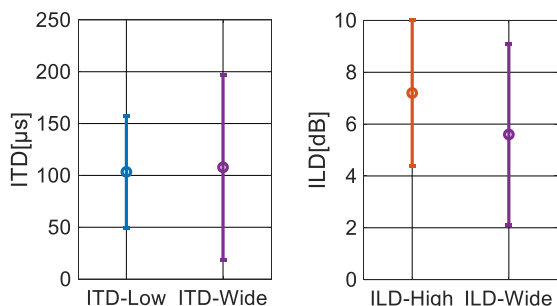


Fig. 4 刺激音毎の検知限の平均値と標準偏差

## 4 考察

ITD-Low と ITD-Wide の ITD-DL の平均値の違いは 4.4  $\mu$ s であり、ホイール 1 スクロール分の変化量の約 5  $\mu$ s 以下であった。そして、ITD-Low と ITD-Wide の ITD-DL に有意差はなかった。したがって、ITD を操作する刺激音の周波数帯域は分離知覚の検知限に影響しない。これは、ITD-Low も ITD-Wide も 1.5 kHz 以下の低周波成分を含んでおり、ヒトの聴覚系では ITD は 1.5 kHz 以下の周波数成分から計算される<sup>[4]</sup>ということと一致する。

刺激音と被験者の交互作用は、ITD-Wide と ITD-Low で ITD-DL が上がる被験者と下がる被験者がいたためと考えられる。

ILD-High と ILD-Wide の ILD-DL の平均値の違いは 1.6 dB であり、ホイール 1 スクロール分の変化量の約 0.2 dB の 8 倍であった。そして、ILD-High と ILD-Wide の ILD-DL に有意差があった。したがって、ILD を操作する刺激音の周波数帯域は分離知覚の検知限に影響する。これは、ILD-High と ILD-Wide で周波数帯域が広がるにつれて ILD-DL の平均値が小さくなっており、ヒトの聴覚系では ILD は全周波数帯域で計算される<sup>[4]</sup>ことと一致する。また、白色雑音で行った先行研究<sup>[1]</sup>の ILD-DL の平均値は、ILD-Wide より小さく、本稿で得られた傾向と一致している。

刺激音と被験者の交互作用は、ILD-Wide と ILD-High で ILD-DL が下がる被験者とあまり変化しない被験者がいたためと考えられる。

また ITD-Wide より ITD-Low、ILD-Wide より ILD-High のほうが標準偏差が小さかった。したがって、ITD または ILD を計算する手掛りの帯域成分のみの刺激音の方が、音像の分離知覚の個人差が少なくなると考えられる。

## 5 まとめ

本稿では、両耳間時間差・音圧差による音像の分離知覚の検知限や刺激音の周波数帯域が与える影響を明らかにするために、音像の分離知覚実験を行った。その結果、ITD による音像の分離知覚の検知限は 1 kHz 以上の帯域からの影響を受けなかった。ILD による音像の分離知覚の検知限は刺激音の周波数帯域によって差があり、周波数帯域が広がると検知限が低くなった。

## 謝辞

本研究の一部は科研費(20K19828)の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] 森川, “両耳間差による音像の分離知覚,” 信学技報, 114(242), SP2014-83, pp.43-48, 2014.
- [2] 酒井ら, “刺激音の周波数帯域が両耳間差による音像の分離知覚の検知限に与える影響,” 情処研報, 127(23), MUS2020-127, pp.1-2.
- [3] 難波, 桑野, “音の評価のための心理学的測定法,” (コロナ社, 東京, 2011), pp.24-43.
- [4] ムーア, “聴覚心理学概論,” (誠信書房, 東京, 1997), pp. 210-213.