

## 音像の分離知覚に周波数ごとの両耳間時間差の変化が与える影響\*

○森川大輔 (富山県立大)

## 1 はじめに

我々はこれまでに、白色雑音に周波数毎に異なる両耳間時間差 (ITD) を与えた場合に音像の分離知覚が生じることを発見し、ITD を変化させる帯域の中心周波数 ( $f_c$ ) が 1 kHz 以下の場合には、変化させる帯域幅が等価方形幅 (ERB) より狭い場合であっても音像が分離知覚されること、ITD を変化させる帯域の  $f_c$  が 2 kHz の場合には、変化させる帯域に 1.5 kHz 以下の周波数を含まないと音像が分離知覚されないことを明らかにした<sup>[1]</sup>。

しかし、これらは ITD を変化させる長さが 0.3 ms で、 $f_c$  を 125, 250, 500, 1000, 2000 Hz とした場合の結果であり、ITD がどれだけの長さであれば音像の分離知覚が生じるか、音像定位に利用される情報が ITD から両耳間音圧差 (ILD) に移る 1.5 kHz 前後では分離知覚がどう生じるかは明らかになっていない。

そこで本報告では、白色雑音の 1.5 kHz 前後の帯域に他の帯域とは異なる ITD を与え、ITD の長さを変化させた場合の音像の分離知覚について述べる。

## 2 実験方法

## 2.1 実験システム

刺激音は、D/A 変換器(RME, Fireface UCX)から信号を出力し、ヘッドホンアンプ(audio-technica, AT-HA21)を通してヘッドホン(Sennheiser, HDA-200)から呈示した。実験システムを Fig.1 に示す。また、D/A 変換器のサンプリング周波数は 192 kHz である。

## 2.2 ITD 操作法

周波数毎の ITD の操作には岡崎らの合成頭部伝達関数(Temporal HRTF)の手法を用いた<sup>[2]</sup>。

本実験では、ある角度  $\theta_1$  の左耳 HRTF を 192000 点の単位インパルス信号  $IR_0$ 、右耳 HRTF を  $t$  ms 遅延させた 192000 点の単位インパルス信号  $IR_D$  の周波数表現とし、もう一つの角度  $\theta_2$  の左耳 HRTF を  $IR_D$ 、右耳 HRTF

を  $IR_0$  の周波数表現としてこの手法を用いる。ITD を変化させない周波数は  $\theta_1$ 、変化させる周波数は  $\theta_2$  から到来するものとし、Temporal HRTF を得る。

ITD を変化させるのは、 $f_c$  を 500, 1000, 1260, 1587, 2000 Hz として、その周波数の等価方形幅を基準に、1 倍と 3 倍の帯域幅  $B$  とした。 $B$  の算出法を次式に示す。

$$B = 24.7 \left( 4.37 \frac{f_c}{1000} + 1 \right) x \quad (1)$$

したがって、左耳には  $f_c \pm B/2$  が  $t$  ms 遅延し、それ以外の周波数は遅延せずに呈示され、右耳には  $f_c \pm B/2$  は遅延せずに呈示され、それ以外の周波数  $t$  ms 遅延して呈示される。それぞれのチャンネルの周波数毎の遅延時間を Fig. 2 に示す。

## 2.3 実験条件

受聴者は呈示された刺激音の音像数が 1 つか 2 つかを回答する。ここで、受聴者が 1 つを選択した場合、次に呈示する刺激音の遅延時  $t$  を長く、2 つを選択した場合には次に呈

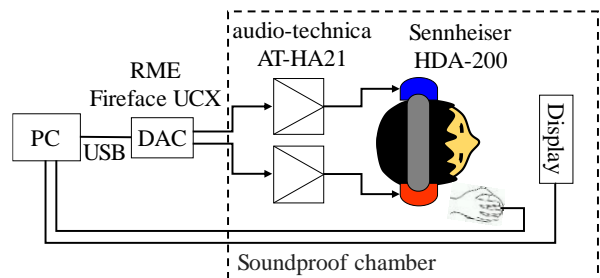


Fig. 1 実験システム

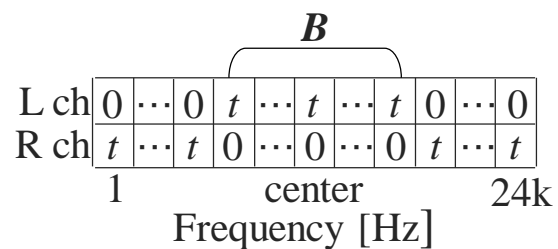


Fig. 2 遅延時間の設定

\* Effect of differences in interaural time difference on respective frequencies for spatially segregated sound, by MORIKAWA, Daisuke (Toyama Prefectural Univ.).

示する刺激音の遅延時間  $t$  を短くする。これによって、被験者が音像を2つ知覚する最も短い遅延時間を明らかにする。実験は  $f_c$  毎に別々に行った。

Temporal HRTF を合成するのは持続時間 3 s の白色雑音で、合成後最初と最後に 30 ms の線形テーパをかけた。また、刺激音の音圧レベルは 70 dB とした。受聴者は健常な聴力をも持つ 20 台から 30 台の 4 名である。

### 3 実験結果

実験結果を Fig.3 に示す。全ての  $f_c$  で音像の分離知覚が生じた。遅延させる帯域幅  $B$  の倍率が 1 で  $f_c$  が 2 kHz の条件を除き、分離知覚が生じるのに必要な遅延時間は 0.5 ms 前後であった。一方、遅延させる帯域幅  $B$  の倍率が 1 で  $f_c$  が 2 kHz の条件で分離知覚が生じるのに必要な遅延時間は 1 ms 以上でその分散は他に比べ大きかった。

$f_c$  の違いと帯域幅  $B$  の倍率  $x$  の違いについて、二要因の分散分析を行うと、 $f_c$  の違いには有意差があり [ $F(4) = 3.27, p < 0.05$ ]、帯域幅  $B$  の倍率  $x$  の違いには有意差がなかった [ $F(1) = 2.57, p > 0.05$ ]。Tukey の方法で多重比較を行った結果、 $f_c$  が 2 kHz の遅延時間は 1 kHz の遅延時間よりも有意に長く ( $p < 0.05$ )、他の条件間に有意差はなかった ( $p > 0.05$ )。

### 4 考察

帯域幅  $B$  の倍率  $x$  の違いには差がなく、 $x$  が 1 であっても 3 であっても、 $t$  が 0.5 ms 前後で音像の分離知覚が生じた。これまでに行なった  $t$  を 0.3 ms に固定し  $x$  を変化させた条件では、 $x$  が 1 以下の場合でも音像の分離知覚が生じた<sup>[1]</sup>。これらの結果が概ね類似していることから、分離知覚が生じる帯域幅よりも広い帯域の ITD を変化させれば、音像の分離知覚が生じるために  $t$  に必要な長さは変化しないと考えられる。

$f_c$  が 2 kHz 以外の場合、それぞれの条件に差がなかった。これは、全ての条件が ITD を音像定位に利用する帯域であったためと考えられる。

$f_c$  が 2 kHz の条件でも  $t$  が 1 ms 前後で分離知覚が生じた。一方、これまでに行なった  $t$  を 0.3 ms に固定し  $x$  を変化させた条件では、 $x$  が 5 程度で ITD を変化させる帯域幅が ITD を音像定位に利用する帯域を含むほど広い場合に

音像の分離知覚が生じた<sup>[1]</sup>。 $f_c$  が 2 kHz の場合、ERB は 241 Hz であるため、 $x$  が 3 の場合であっても変化させる帯域幅は 722 Hz で、ITD を音像定位に利用する帯域は含まれていない。これらの結果から、 $t$  が短い場合には ITD を音像定位に利用する帯域が含まれないと音像の分離は生じないが、 $t$  が 1 ms 前後まで長くなると、ITD を利用しない帯域だけでも分離知覚が生じると考えられる。ただし、 $f_c$  が 2 kHz の条件の結果は個人差が非常に大きい。

### 5 結論

白色雑音の 1.5 kHz 前後の帯域に他の帯域とは異なる ITD を与え、ITD の長さを変化させる条件で、音像が分離知覚されるかを評価した。その結果、ITD を変化せる帯域の  $f_c$  が 500~1587 Hz の場合には、ITD を変化させる帯域の遅延時間が 0.5 ms 程度より長い場合に音像が分離知覚され、 $f_c$  の違いに差はなかった。一方、ITD を利用しない帯域の ITD を変化させる  $f_c$  が 2 kHz の場合には、ITD を変化させる帯域の遅延時間が 1 ms 程度より長い場合に音像が分離知覚された。なぜ ITD を利用しない帯域だけの变化で音像の分離知覚が生じるかについては今後の課題である。

### 謝辞

本研究の一部は科研費(JP15K16022)の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] 森川, 音講論 (春), 693-694, 2017
- [2] 岡崎他, 聴覚研究会資料, 43(1), 49-55, 2013

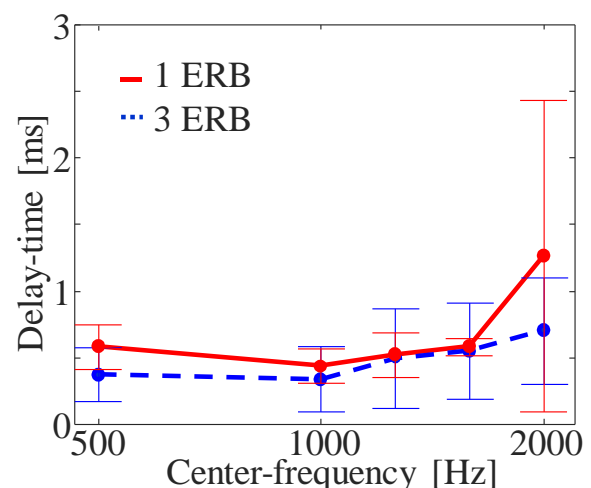


Fig. 3 分離知覚が生じる遅延時間