

頭部側端の音像定位に位置判断基準が与える影響*

☆加村響志朗, 森川大輔, モクタリパーハム, 平原達也 (富山県立大)

1 はじめに

ヘッドホンから再生するステレオ信号に両耳間時間差 (ITD: Interaural Time Difference) または両耳間音圧差 (ILD: Interaural Level Difference) を与えると音像は両耳の間に頭内定位する。古くから純音^[1,2], 帯域雑音及び AM 変調をかけた帯域雑音^[3], パルス列^[4]などの信号音で, 刺激音の ITD 及び ILD と頭内定位位置との関係が調べられている。しかし, 音像が頭部側端に定位するときの ITD や ILD を広帯域雑音を用いて調べた報告は少ない。これは, 広帯域雑音に ITD を与えた場合, 周波数成分ごとの耳間偏位が異なることで音像が広がるため^[5], 音像が頭部側端に定位したと判断することが難しいからである。また, 広帯域雑音に ILD を与えた場合, ILD が大きく耳間偏位が大きいと音像が広がるため^[6], 広帯域雑音に限らず音像が頭部側端に定位したと判断することが難しいからである。また, 側端位置の判断基準が必ずしも明確でないため, 判断のたびに側端位置の判断基準がぶれてしまう可能性や, 音像が広がった場合に, 頭部側端に定位したと判断することが難しい可能性もある。

そのため, 側端位置の判断基準のぶれを抑えらるとともに, 音像が広がった場合でも基準位置と音像の中心位置を合わせやすくすることで, 音像が頭部側端に定位するときの ITD 及び ILD 値のばらつきを抑えられると考えられる。本稿では, こめかみに当てた手を側端位置の判断基準として用い, 音像が頭部側端に定位する広帯域雑音の ITD 及び ILD 値を測定した結果について述べる。

2 実験方法

刺激音信号には, 白色雑音に 125 Hz から 16 kHz のバンドパスフィルタを通した広帯域雑音信号 (BPN: Band Pass Noise) を用いた。また, ヘッドホンの周波数特性は逆フィルタによって補正した。刺激音の時間差は, ITD が正のときは左を, 負のときは右チャンネルを遅延させることで付加した。刺激音の音圧差は, BPN の振幅を k_L 倍したものを左, k_R 倍したものを右チャンネルとして付加した。 k_L と k_R は Mooreらのラウドネスモデル^[6]を用いて決定した。

PC で生成したサンプリング周波数 48 kHz の刺

激音は 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) から再生した。受聴者はマウスホイールを用いて刺激音の ITD または ILD を操作することによって回答を行う。ホイール 1 ノッチあたり ITD を操作する条件 (ITD 条件) では約 21 μ s, ILD を操作する条件 (ILD 条件) では 0.5 dB ずつ変化する。刺激音の音圧レベルは, ITD 条件では 70 dB, ILD 条件では ILD = 0 dB のときに 70 dB とし, ILD \neq 0 dB では k_R もしくは k_L によって最大で約 76.4 dB まで変化する。受聴者は健常な聴力を有する 22~35 歳の 11 名 (L1~L11) である。

実験は調整法で行った。はじめに ITD = 0 μ s, ILD = 0 dB の刺激音を呈示し, 受聴者にマウスホイールをスクロールして刺激音の ITD または ILD を自由に増減させ, 音像が頭部の左端もしくは右端に定位したときの ITD もしくは ILD 値を記録した。頭部両端に音像が定位するときの ITD 及び ILD 値を, こめかみに手を当てて側端位置の判断基準とする条件と, こめかみに手を当てずに側端位置を判断する条件で 5 回ずつ得た。

3 結果

3.1 測定結果

10 名の ITD 条件の測定結果を Fig. 1 に, ILD 条件の測定結果を Fig. 2 に示す。中空円 (○) に側端位置の判断基準がある状態, 中実円 (●) に基準がない状態で測定した場合の 5 回の平均及び標準偏差を示す。ただし, L11 は ITD 条件で, 選択できる最大値の 1800 μ s を選択したため, 図や平均から除いた。受聴者ごとに側端位置の判断基準ありとなしの条件で, F 検定を行った結果を Fig. 1, 2 の受聴者番号に示す。ITD 条件では L1, L2, L3, L5 で, ILD 条件では L1, L3, L4, L7, L9 で側端位置の判断基準がある方が測定値の分散が有意に小さかった。

側端位置の判断基準がある場合とない場合の, 受聴者ごとの ITD と ILD の絶対値の平均値を $\overline{ITD}_{\text{non}}$, $\overline{ITD}_{\text{hand}}$ 及び $\overline{ILD}_{\text{non}}$, $\overline{ILD}_{\text{hand}}$ とする。全受聴者の $\overline{ITD}_{\text{non}}$ の平均値は 617 μ s, $\overline{ITD}_{\text{hand}}$ の平均値は 529 μ s であった。全受聴者の $\overline{ILD}_{\text{non}}$ の平均値は 19.7 dB, $\overline{ILD}_{\text{hand}}$ の平均値は 15.7 dB であった。ただし, 受聴者間の分散は, ITD 及び ILD 共に

*The effect of position criteria on sound image localization at the lateral position, by KAMURA Kyoshiro, MORIKAWA Daisuke, MOKHTARI Parham and HIRAHARA Tatsuya (Toyama Prefectural Univ).

側端位置の判断基準がある場合でも大きかった。

3.2 内観報告

受聴者全員が音像が頭部側端に定位したと判断することが難しいと報告した。L7とL8を除く8名は、手を当てたほうが音像が頭部側端に定位することがわかりやすいと報告した。また、L3, L5, L10はITD条件のみ、L1, L4, L8, L9はITD条件とILD条件の両方において音像の分離が生じたと報告した。L3, L5, L8, L9はITD条件で高域に比べ低域が動きやすいと報告した。また、L1, L3, L4, L5, L7, L8 (ITD条件), L9, L10は音像の軌跡が直線ではなく、L1, L4, L7, L10は音像中心が外耳道入り口の後方や上方を通ったと報告した。

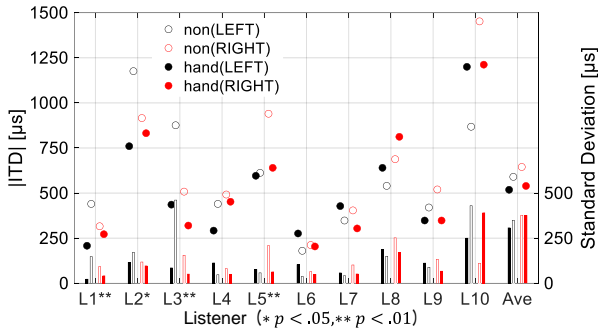


Fig. 1 側端位置の ITD の測定結果

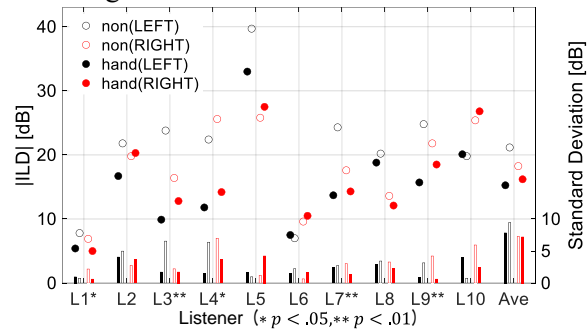


Fig. 2 側端位置の ILD の測定結果

4 考察

側端位置の判断基準がある方が、L1, L2, L3, L5の4名で、側端位置に音像中心があると判断したITDの分散が小さく、L1, L3, L4, L7, L9の5名で、ILDの分散が小さかった。そのため、こめかみに手を当てると、側端位置の判断基準が明確になり、判断のぶれが小さくなると考えられる。しかし、頭内定位実験の経験が豊富な受聴者(L2, L8, L10)は、L2のITDの結果を除いて、判断基準がある場合の分散とない場合の分散に有意差がなかった。そのため、主に経験が少ない受聴者で、こめかみに当てた手の位置を側端位置とすることで判断のぶれが小さくなる効果が出やすい可能性がある。

ITD条件においてL2, L5, L8は、手を当てることで頭部側端に定位したと判断するITD値が先行研

究で測定されたパルス列に対する値(630~900 μs程度^{[4])}に近づいた。また、ILD条件においてL2(左端), L3, L4, L6, L7, L8, L9は手を当てることで頭部側端に定位したと判断するILD値が、先行研究で測定された純音に対する値(10~15 dB程度^{[5])}に近づいた。これらの受聴者は、音像が広がる広帯域雑音を用いた場合でも、こめかみに手を当てることで、側端位置の判断が正確になったと考えられる。ただし、先行研究と実験条件が異なることによる結果の違いが生じている可能性がある。また、受聴者間の分散は大きく、先行研究で測定された値に近づかなかった受聴者も多かった。これは、音像の分離が生じたり、軌跡が直線ではない場合に、音像が頭部側端に定位したと判断する音像位置の判断基準が変わったことが原因であると考えられる。

また、ITD条件では6名が、ILD条件でも6名がこめかみに手を当てた方が測定値の絶対値が小さかった。受聴者全体では \overline{ITD}_{non} より \overline{ITD}_{hand} の方が有意に小さく($t(99) = 3.2, p < 0.005$), \overline{ILD}_{non} より \overline{ILD}_{hand} の方が有意に小さかった($t(99) = 6.7, p < 0.001$)。こめかみに手を当てると、当てない場合よりも頭部中心側を側端位置と判断した。

5 まとめ

本稿では、こめかみに手を当てて側端位置の判断基準とする条件と、こめかみに手を当てず側端位置を判断する条件で、音像が頭部側端に定位する広帯域雑音のITD及びILD値の測定を行った。その結果、こめかみに当てた手を側端位置の判断基準として用いることで、約半数の受聴者において、音像が頭部側端に定位するITD及びILD値の分散が小さくなり、こめかみに当てた手が側端位置の判断基準として有効であることがわかった。しかし、広帯域雑音において、音像の分離が生じたことや軌跡が直線でないことによって、音像が頭部側端に定位したことの判断のぶれが生じていると考えられ、頭部側端に定位するときの刺激音のITD及びILD値の受聴者間の分散は大きかった。

謝辞 本研究の一部は科研費(20K19828)による。

参考文献

- [1] Sayers, *J. Acoust. Soc. Am.* 36(5), 923-926, 1964.
- [2] Yost, *J. Acoust. Soc. Am.* 70(2), 397-409, 1981.
- [3] Trahiotis et al., *J. Acoust. Soc. Am.* 79(6), 1950-1957, 1950.
- [4] Toole et al., *J. Acoust. Soc. Am.* 37(2), 319-324, 1965.
- [5] ブラウエルト, *空間音響* (鹿島出版会, 東京, 1986).
- [6] Moore et al., *J. Acoust. Soc. Am.* 121(3), 1604-1612, 2007.