ISSN 2186-5647

2-23

振動により音源方向を呈示する聴覚支援システム

日大生産工（院）　○関口 剛史　　日大生産工　霜山 竜一

1 まえがき

聴覚障害者は外出時に、側方や後方からの危険に晒されることがある。本研究では、音圧の両耳間時間差(ITDs)[1)]から音源方向[2)]を求め、振動を介して聴覚障害者に音源方向を知らせる聴覚支援システムの開発を目的としている。耳栓をした被験者にバイノーラルマイクロホンを装着し、検出されたITDsの値に応じてジャケットの両肩に取り付けたバイブレータで被験者に音源方向を知らせた。

2 音源方向の推定方法

音源が正面にない場合は、音源から左右の耳に到る音の伝搬時間は異なるため両耳間で音の到達時間に差が生じる。その時間差Δt_{ni}は、位相差の多義性を考慮すると、周波数f_iにおける音圧の位相差$\Delta\varphi_i$を用いて

$$\Delta t_{ni} = \frac{\Delta\varphi_i + 2\pi n}{2\pi f_i} \qquad (1)$$

で表される。nは整数である。この時間差は周波数に依存し、位相差の多義性により複数個定義される。そこで、特定の方向から到来する音に対するITDsの値を(2)式の評価関数$L(\Delta t)$が最大となるΔtと考えた。

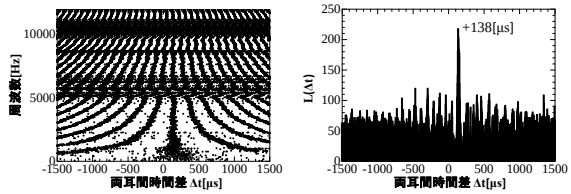
$$L(\Delta t) = \sum_n \sum_i \Delta t_{ni} \qquad (2)$$

図1(a),(b)は音源が右前方(+15[°])にある場合のITDsの周波数特性とそのヒストグラムの一例である。(2)式より、各ITDs値に含まれるデータ数を加算した。その結果、データの個数が最も多い場合のITDsは+138[μs]となる。

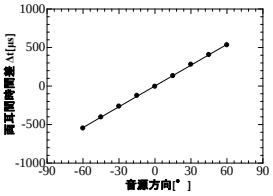
図1(c)に音源方向とITDsの関係を示す。音源方向が-60[°]～+60[°]の範囲では、ITDsは音源方向に比例することがわかる。この関係に基づいて、ITDsから音源方向が推定できる。

3 フローチャートと実験条件

音源方向を振動を介して被験者に呈示するためのフローチャートを図2に示す。ITDsから音源方向を求め、音源方向に応じて被験者の両



(a) 両耳間時間差の周波数特性　(b) ヒストグラム



(c) 音源方向と両耳間時間差の関係

図1 音源方向と両耳間時間差の関係

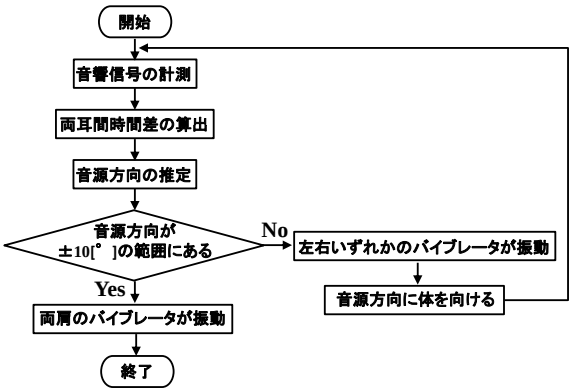
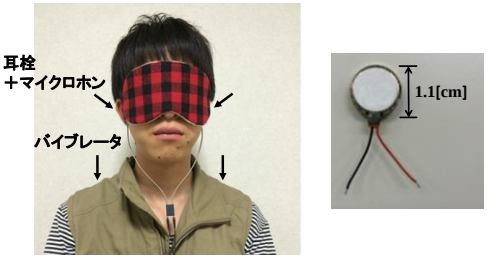


図2 フローチャート



(a) 振動子付きジャケット　(b) バイブレータ

図3 ジャケットと振動子の外観

Hearing Support System for Signifying the Sound Source Direction by Using Vibration

Takeshi SEKIGUCHI, Ryuichi SHIMOYAMA

肩のバイブレータを振動させる。音源方向が+10[°](+90[μs])以上であれば右肩、-10[°](-90[μs])より小さければ左肩のバイブレータが1[s]間振動する。-10[°]～+10[°]の範囲にあれば音源が正面にあるとみなし、両肩のバイブレータが振動する。

被験者はスピーカから1[m]離れた位置にある回転椅子に座る。被験者には振動のした側に頭を向けることと、両肩が振動した場合に正面になることを伝えてある。スピーカから広帯域ノイズを連続的に発生させた。図3(a)に示すように、被験者は両耳に耳栓をした上でバイノーラルマイクロホンを装着し、両肩に各1個のバイブレータをつけたジャケットを着用した。バイブレータの外観を図3(b)に示す。視覚による影響を除くためにアイマスクを着用した。

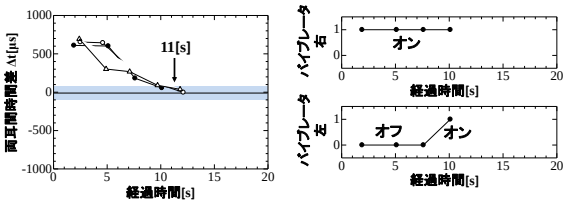
4 実験結果

音源が右側方(+70[°])または左後方(-110[°])にある場合について、アイマスクと耳栓を装着した被験者が、音源の正面を向くまでのITDsの時間変化を調べた(図4(a),(b))。右肩と左肩の各バイブレータの振動の有無の推移も併せて示している。図4(a)では音源が右側にあるため、右肩のバイブレータのみ振動する。10[s]後に両肩のバイブレータが振動し、正面を向いたことがわかる。同一条件で3回測定したところ、被験者は平均で11[s]程度でスピーカの正面を向いた。左後方(-110[°])の場合のITDsは左側方-70[°]のITDsと等しいため多少時間がかかり、被験者は平均で15[s]程度で正面を向くことがわかった(図4(b))。

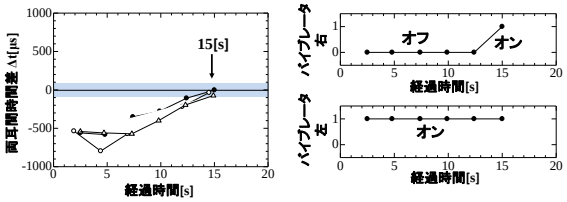
視覚の効果を確認するためアイマスクを外し、耳栓のみの場合を図5(a),(b)に示す。スピーカが目に入れば、速やかにそちらの方向を向けるため4[s]～7[s]程度速くなり、いずれも7[s]程度で正面を向いた。

5 あとがき

耳栓をした被験者にバイノーラルマイクロホンを装着し、ITDsに応じて両肩のバイブレータを振動させて音源方向を知らせた。その結果、音源が右側方にある場合は11[s]程度、左後方にある場合は15[s]程度で正面を向けることが分かった。視覚が使えれば音源の正面に向くまでの時間は短縮できる。今後は、本システムをウェアラブル化し、正面を向くまでの時間を短縮する予定である。

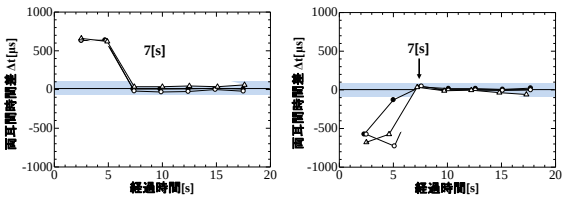


(a) θ＝+70[°] (右側方)



(b) θ＝－110[°] (左後方)

図4 両耳間時間差の推移
(アイマスクあり、耳栓あり)



(a) θ＝+70[°] (右側方)　(b) θ＝－110[°] (左後方)

図5 両耳間時間差の推移
(アイマスクなし、耳栓あり)

「参考文献」

1) C.E.Carr and M Konishi, ”A Circuit for Detection of Interaural Time Differences in the Brain Stem of the Barn Owl” Journal of Neuroscience, Vol.10, No.10, (1990) p.3227-3246.

2) M Konishi et al, ”Neurophysiological and Anatomical Substrates of Sound Localization in the Owl” Neurobiological Bases of Hearing, Chapter 24, (1988) p.721-745.