

## ウェアラブル高機能聴覚支援システム — 断続音の場合 —

日大生産工(院) ○章 偉 日大生産工 霜山 竜一

### 1 まえがき

聴覚障害者は外出時に、視覚による状況把握が難しい、後方や側方からの危険に気がつきにくい、危険を避けられない場合がある。本研究では、音圧の両耳間時間差(ITDs)を利用して音源方向を求め、音源方向を振動で聴覚障害者に伝えるウェアラブル高機能聴覚支援システムを開発した。本報告では、イヤマイクで検出した音響信号を FPGA モジュール(Field-Programmable Gate Array, myRIO-1900, N.I.)で解析、処理することで、耳栓をした被験者が側方や後方からの呼びかけに 2[s] ~ 3[s]で振り向けることを示す。

### 2 両耳間時間差の推定方法

発生した音が人の両耳に到達する時間差を両耳間時間差(ITDs)  $\Delta t$  という。周波数  $f_i$  における時間差  $\Delta t_{ni}$  は、音圧の短時間両耳間位相差  $\Delta \phi_i$  を用いて位相差の多義性を考慮すると、

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

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、多義性により複数個の位相差が定義される。そこで、任意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  $\Delta t$  と考えた。

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

図 1(a),(b)は、音源が右側方(+90°)にある場合の、それぞれ ITDs の周波数特性とヒストグラムの例である。(1)式より算出した ITDs に多くの筋状のパターンがみられ、高い周波数で ITDs が複数個算出されたことがわかる(図 1(a))。(2)式の評価関数値が最大となる ITDs が音源の方向に対応する(図 1(b))。音源が右側方(+90°)にある場合の ITDs は+660 [μs] となった。

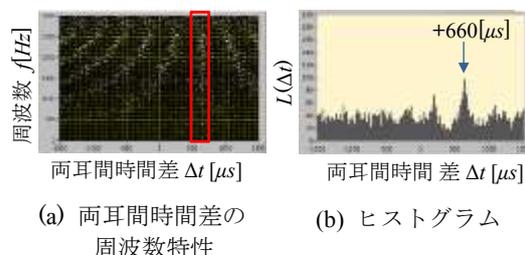


図 1 両耳間時間差の推定法(音源方向: +90°)

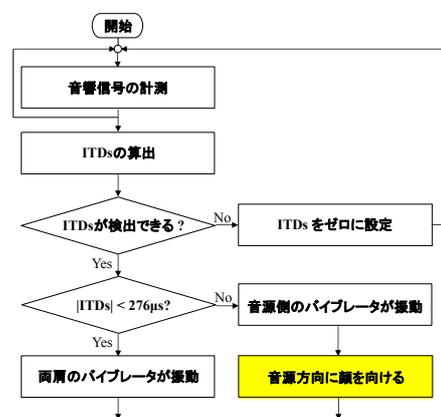


図 2 プロローチャート



(a) FPGA モジュール (b) 振動子付きベスト

図 3 FPGA モジュールと被験者の外観

### 3 実験方法

バイブレータの振動で被験者に音源の方向を向かせるためのフローチャートを図 2 に示す。イヤマイクで計測した音響信号から FPGA モジ

ルールを用いて ITDs を求める(図 3(a))。求めた ITDs に応じて、被験者が着用したベストの両肩のバイブレータを個別に振動させる(図 3(b))。図 3(b)に示すように、被験者は両耳に耳栓をした上でイヤマイクを装着し、両肩に各 1 個のバイブレータをつけたベストを着用した。ITDs が検出できない場合は ITDs をゼロに設定した。ITDs が閾値の範囲内にあれば正面を向いているとし、両肩のバイブレータが振動する。閾値の範囲外ならば音源側のいずれかのバイブレータが振動する。被験者はバイブレータの振動により音源方向に顔を向ける。人の注視点が迅速に安定して見える安定注視野は水平方向で $\pm 30^\circ \sim \pm 45^\circ$ である<sup>2)</sup>。本研究では人の安定注視野を $\pm 30^\circ$ とみなし、この範囲にある音源は視覚で認識できるものと考えた。ITDs 値の閾値は、視野 $\pm 30^\circ$ に対応する $\pm 276[\mu\text{s}]$ に設定した。被験者はスピーカから 1m 離れた位置に立つ。無音状態から測定を開始し、約 2.5[s]後にスピーカから被験者の名前を 2[s]間隔で 2 回呼びかけた。バイブレータの振動を頼りに被験者がスピーカの正面を向くまでの ITDs とバイブレータの動作の時間変化を記録した。

#### 4 実験結果

被験者が右側方( $+90^\circ$ )にあるスピーカの正面を向くまでの ITDs とバイブレータの動作状態の時間変化を図 4 に示す。ITDs の値はスピーカに対する被験者の頭部の向きに相当する。ITDs が 0[s]になり、両肩のバイブレータが振動すれば被験者はスピーカの正面を向くことになる。呼びかけ音をスピーカから発生させると、ITDs は  $620[\mu\text{s}]$  に上昇した後ゼロを示した。この間は、スピーカが右にあるため右肩のバイブレータのみ振動した。被験者はバイブレータの振動に応じて顔を右側に向け、2[s]後に再度呼びかけた時点で、ITDs は閾値  $276[\mu\text{s}]$  以下となったため、両肩のバイブレータが振動して、被験者に音源の方向を向いたことを伝えた。

同様にスピーカが右後方( $+140^\circ$ )にある場合の ITDs の時間変化を図 5 に示す。1 回目より 2 回目呼びかけた場合に ITDs の値がやや大きいことが分かる。これは、後方にあるスピーカの方向を向く場合に、ITDs は $+90^\circ$ 方向を越す際に一旦上昇してから下降するためと考えられる。被験者に呼びかけてから約 2.4s 後に両肩のバイブレータが振動して、音源の方向を向いたことが分かる。

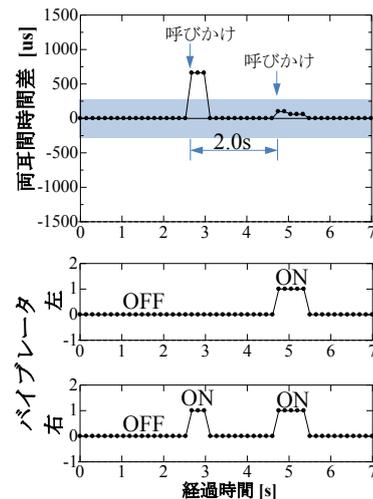


図 4 両耳間時間差の推移 (音源方向: 右側方 $+90^\circ$ )

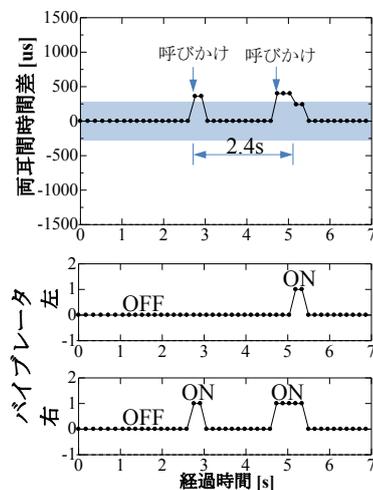


図 5 両耳間時間差の推移 (音源方向: 右後方 $+140^\circ$ )

#### 5 あとがき

イヤマイクで検出された断続音の音響信号を FPGA モジュールで処理して、ITDs から音源方向を求め、耳栓をした被験者に振動で音源方向を示した。その結果、スピーカが右側方( $90^\circ$ )あるいは右後方( $+140^\circ$ )にある場合に、被験者は呼びかけてから 2[s]~3[s]でスピーカの正面を向くことが分かった。

今後は、屋外で遠く離れた距離にある音源の方向やその動きを検出・呈示させる予定である。

#### 「参考文献」

- 1) 日本聴覚医学会編, 日本聴覚医学会用語集 (2014.4.17 改訂) 日本聴覚医学会, 2014.
- 2) 清川清, 「広画角高精細ディスプレイにおける最近 1 年の技術動向」, 光産業技術振興協会 技術動向調査報告書, 2001, pp.395-398.