

ウェアラブル高機能聴覚支援システムに関する研究 Study on the Wearable Advanced Hearing Support System

章 偉
I Syou

霜山 竜一
Ryuichi Shimoyama

1. はじめに

聴覚障害者は外出時に、後方や側方から接近する自動車や自動二輪車に気づきにくい、危険に晒されることがある。著者らは、音圧の両耳間時間差(ITDs)を利用して音源方向を求め、振動を介して音源方向を聴覚障害者に知らせるウェアラブル聴覚支援システムについて報告した¹⁾²⁾。本研究では、イヤマイクで検出した音響信号をFPGA(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で発生した自動二輪車の走行音のする方向に2s~3sで向けることを示す。

2. 両耳間時間差の推定方法

音が左右の耳に到達する際に生じる時間差を両耳間時間差(ITDs)という³⁾。このITDsを用いて音源方向を推定した。周波数 f_i における時間差 Δt_{ni} は、音圧の位相差 $\Delta\phi_i$ 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、位相差の多義性により複数個定義される。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 Δt と考えた。

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

Fig.1(a),(b)は、音源が右後方(+140°)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、ITDsが複数個算出されたことがわかる(Fig.1(a))。しかし、任意の方向から来る音に対して、ITDsは周波数に依存せず一定となるはずである(赤線の枠内)。そこで、(2)式より評価関数 $L(\Delta t)$ が最大となるITDsを求めた(Fig.1(b))。評価関数値が最大となるITDsが音源の方向に対応する。音源が右後方(+140°)にある場合のITDsは400[μs]となった。

3. 実験方法

バイブレータの振動で被験者に音源方向を振り向かせるためのフローチャートをFig.2に示す。イヤマイクで計測した音響信号からFPGA(Field-Programmable Gate Array)

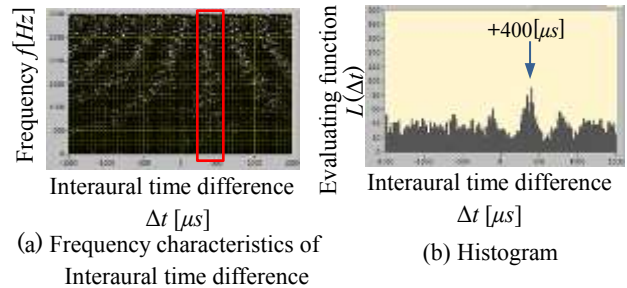


Fig.1 Calculation of interaural time difference of sound pressure(Source direction: +140°).

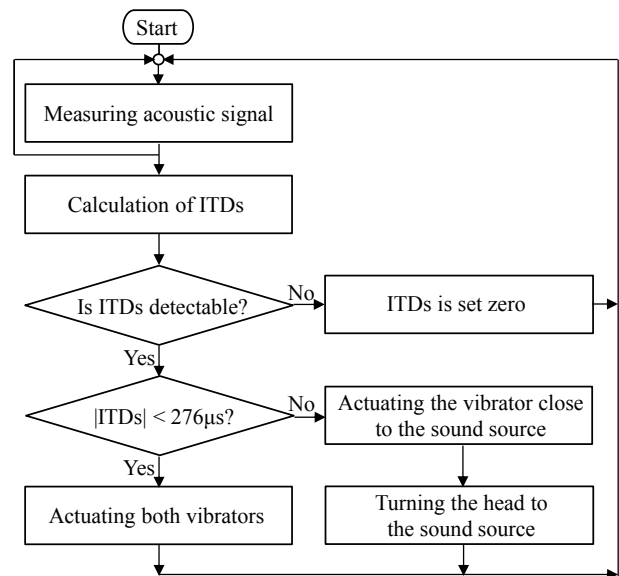
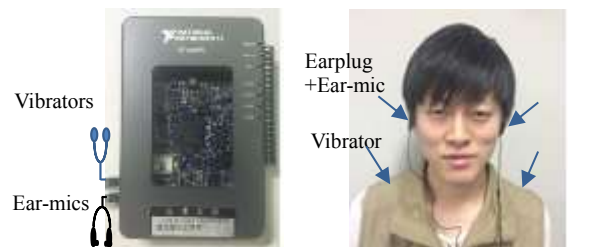


Fig.2 Flow chart.



(a) A FPGA module (b) A vest with two vibrators
Fig.3 Appearances of a FPGA module and a vest.

モジュール(Fig.3(a))を用いてITDsを求める。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

† 日本大学大学院生産工学研究科 Graduate School of Industrial technology, Nihon University

を個別に振動させる(Fig.3(b))。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に $\pm 30^\circ \sim \pm 45^\circ$ である⁴⁾。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。視野 $\pm 30^\circ$ に対応するITDs値を実験的に求めると ± 276 [μs]となるため、ITDsが $+276$ [μs]以上で右肩、 -276 [μs]より小さければ左肩のバイブレータを振動させた。 -276 [μs]~ $+276$ [μs]の範囲を被験者の正面とみなし、両肩のバイブレータを振動させた。ITDsが検出できない場合はITDsをゼロに設定し直した。Fig.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。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3[s]後にスピーカから自動二輪車の走行音を連続的に発生させた。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とバイブレータの作動状態の時間変化を記録した。

4. 実験結果

スピーカが右側方($+90^\circ$)にある場合について、被験者がスピーカの正面を向くまでのITDsとバイブレータの作動状態の時間変化をFig.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を示しており、ITDsがゼロ(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。無音状態から収録を開始し、約3[s]後に音を発生させると、開始から約2.5[s]間はITDsがゼロで両肩のバイブレータは振動していない。走行音がスピーカから連続的に発生すると、ITDsは 640 [μs]を示した後徐々に減少した。この間、右肩のバイブレータのみ振動している。被験者はバイブレータの振動に応じて頭部を右側に向けた。ITDsは約2[s]後にしきい値 276 [μs]以下となって両肩のバイブレータが振動し、この時点で被験者に音源の方向を向いたことが知らされる。

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Fig.5に示す。スピーカが後方にあるためITDsは $+90^\circ$ 方向を越す際に一旦上昇してから下降している。被験者は音が発生してから約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わかる。

5. あとがき

耳栓をした被験者にイヤマイクを装着し、検出された音響信号をFPGAで処理して、求めたITDsから音源方向を求め、被験者に振動で音源の方向を示した。その結果、スピーカが右側方(90°)あるいは右後方($+140^\circ$)にある場合に、被験者は音が発生してから2[s]~3[s]でスピーカの正面を向くことが分かった。

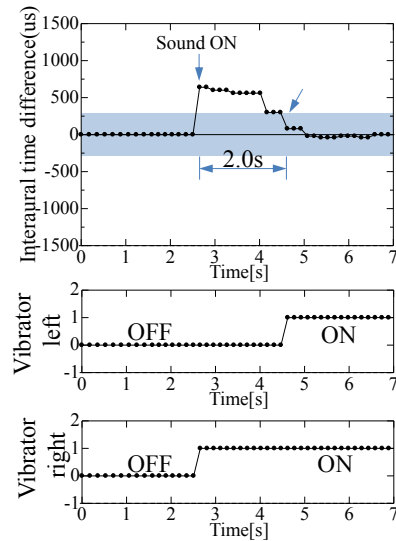


Fig.4 Interaural time difference for turning the head to the loudspeaker (Source direction: $+90^\circ$).

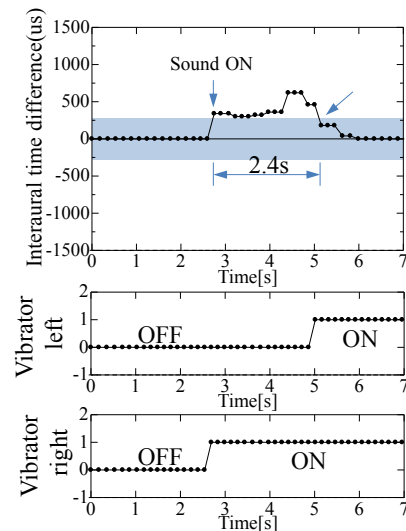


Fig.5 Interaural time difference for turning the head to the loudspeaker (Source direction: $+140^\circ$).

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・表示させる予定である。

参考文献

- 1) 関口剛史、霜山竜一、“バイノーラルマイクとバイブレータを用いた聴覚支援システム”第32回センシングフォーラム 計測部門大会 2P1-11p,p.235,2015.
- 2) 章偉、霜山竜一、“ウェアラブル型聴覚支援システムに関する研究”電子情報通信学会 2016年総合大会,2016, D-14-15.
- 3) 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.
- 4) 清川清,「広面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, pp.395-398, 2001.