

屋外用ウェアラブル聴覚支援システムに関する研究 Study on Outdoor Type Wearable Hearing Support System

石塚 隼大†
Shunta Ishitsuka

霜山 竜一†
Ryuichi Shimoyama

1. はじめに

聴覚障害者は外出時に、側方や後方など死角になる方向を音で知覚できないため、危険を回避できないことがある。著者らは屋外で、両耳聴ヘッドトランスの後方から自動二輪車を通して、自動二輪車の接近を音で検出する方法について検討した¹⁾。本研究では、音圧の短時間両耳間位相差の変化を利用して、バイブレータの振動の強弱で聴覚障害者に自動二輪車の接近を知らせるウェアラブル聴覚支援システムについて検討した。検出した音響信号を FPGA モジュールで解析・処理するシステムを用いて、耳栓とイヤマイクを装着した被験者が後方から接近する自動二輪車に気付いて振り向くまでの時間を計測した。

2. 音圧の短時間両耳間位相差の評価法

音圧の短時間両耳間位相差の周波数特性は、音源が遠いほどばらつく傾向がある。これは、直接到達する直接音と地面や壁面などに反射して到達する反射音の合成された音を検出する場合に、音源が遠いほど直接音に対する反射音のエネルギー比が高まるためと考えられている²⁾。このばらつきを標準偏差で評価する。中心周波数 f_i 近傍の周波数帯域 Δf_i 内に含まれるデータ数を $2m+1$ 、 Δf_i 内の音圧の位相差を φ_j 、 Δf_i 内の位相差の平均値を $\bar{\varphi}_i$ とすると標準偏差 ρ_i は、

$$\rho_i = \sqrt{\frac{1}{2m+1} \sum_{j=i-m}^{i+m} (\varphi_j - \bar{\varphi}_i)^2} \quad (1)$$

で表される。中心周波数を変えて位相差の標準偏差を求めると、標準偏差の周波数特性が得られる。得られた標準偏差の周波数特性に対する平均値でばらつきを評価する。

3. 実験方法

Fig.1(a)に示す FPGA モジュールを用いて、イヤマイクで計測した音圧の標準偏差の平均値を求め、バイブレータを標準偏差の平均値に逆比例して振動させる。バイブレータには小型のスピーカドライバを使用した。Fig.1(b)に示すように被験者は両肩にバイブレータが装着されたベストを着用し、両耳に耳栓とイヤマイクを装着した。100[deg.]から60[deg.]の範囲で標準偏差の平均値が減少するとバイブレータの振動振幅が増加するように設定した。被験者にはバイブレータの振動が強まったら振り返るように指示した。本システムを着用した被験者が、バイブレータの振動で自動二輪車の接近に気付いて、振り向くまでのフローチャートを Fig.2 に示す。

測定風景の写真を Fig.3 に示す。屋外で被験者の後方約30[m]から自動二輪車(monkey Z-50, HONDA)を走行させて

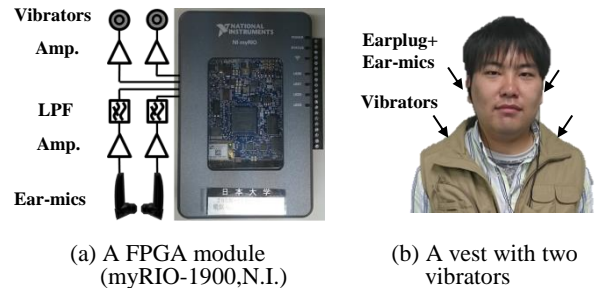


Fig.1 Appearances of a FPGA module and a vest.

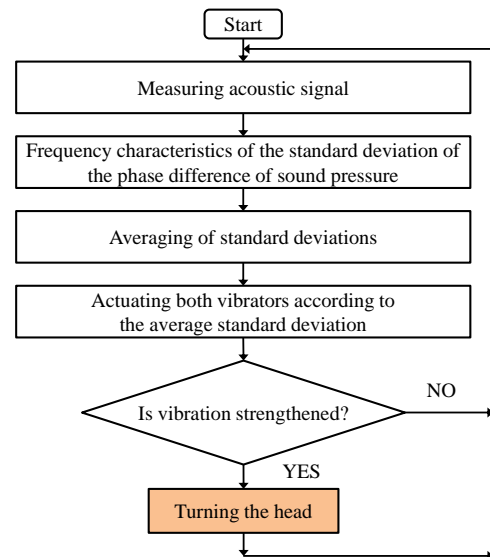


Fig.2 Flow chart.

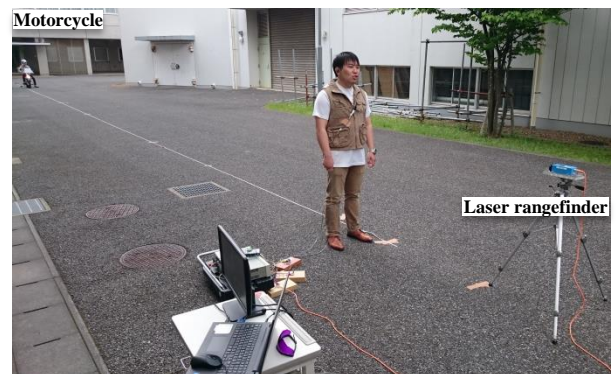


Fig.3 Measurement landscape.

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

被験者の手前約 3[m]で停止した。自動二輪車が停止状態から走行して再度停止するまで、標準偏差の平均値と、レーザー距離計(DT-500 A511, SICK)で測定した自動二輪車と被験者間距離の時間変化を記録した。

4. 実験結果

まず、被験者がバイブレータの振動にかかわらず振り向かない場合について検討した。レーザー距離計で計測した被験者と自動二輪車間距離の時間変化を Fig.4(a) に示す。計測開始 10[s]後に自動二輪車が接近し始め、約 5[s]走行して停止する様子が分かる。平均時速は 19km/hr である。距離に対応する標準偏差の平均値の時間変化を Fig.4(b) に示す。自動二輪車が停止(S)状態でも、標準偏差の平均値はわずかに変動しており、接近時(A)に急激に減少することがわかる。

次に、被験者がバイブレータの振動が強まったと感じた際に振り向く場合について検討した。被験者と自動二輪車間距離の時間変化を Fig.5(a) に示す。測定開始 8[s]後に自動二輪車が接近し始め、約 5[s]後に停止している。平均時速は 21km/hr である。対応する標準偏差の平均値の時間変化を Fig.5(b) に示す。測定開始後 8[s]間は自動二輪車は停止しているが、振り向かない場合と同様に標準偏差の平均値は変動している。この間の標準偏差の平均値は 100[deg.]以上であるためバイブレータは振動していない。自動二輪車が近づくと標準偏差の平均値は減少し、両肩のバイブレータの振動が強くなり、被験者は走行開始約 2[s]後に振り向き始めた。この時点で自動二輪車は被験者から 13[m]の地点を走行している。振り向く際に、標準偏差の平均値は上昇している。これは被験者から見た自動二輪車の方向が大きく変化したためと考えられる³⁾。その後、標準偏差の平均値は再び減少している。振り向き終わるまでに約 2[s]程度要した。

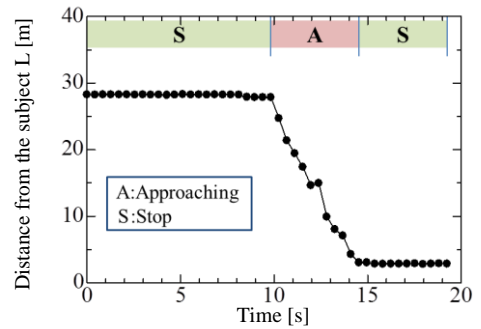
5. あとがき

屋外でバイブレータ付きのベスト、耳栓とイヤマイクを装着した被験者が、後方から接近する自動二輪車に気付いて振り向くまでの時間を計測した。バイブレータの振動の強弱で音源の接近を呈示した。その結果、自動二輪車が平均時速 21km/hr で走行し始めてから約 2[s]後に被験者は振り向き始めた。この時点で自動二輪車は 13[m]遠方を走行していた。被験者が振り向き終わるまで約 2[s]要した。

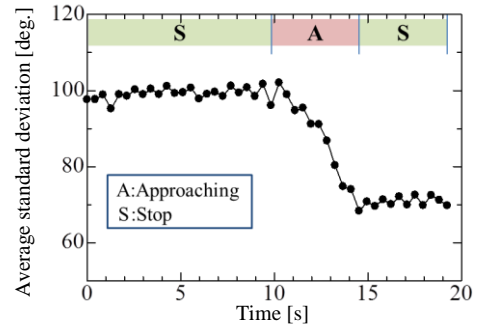
今後は自動二輪車までの距離だけではなく、方向も検出して呈示する聴覚支援システムについて検討する予定である。

参考文献

- 1) 石塚 隼大, 霜山 竜一, “両耳聴ヘッドトルソによる後方から接近し通過する音源移動の検出”, 電子情報通信学会 2017 年総合大会論文集, D-12-54, p.110, 2017.
- 2) Kuster, M. “Estimating the direct-to reverberant energy ratio from the coherence between coincident pressure and particle velocity”. J. Acoust. Soc. Am., p.p.130, 3781-3787, 2011.
- 3) 小野 将, 霜山 竜一, “両耳聴ヘッドトルソを用いた後方にある音源の横移動の検出”, 電子情報通信学会 2015 年総合大会論文集, D-14-7, p.169, 2015

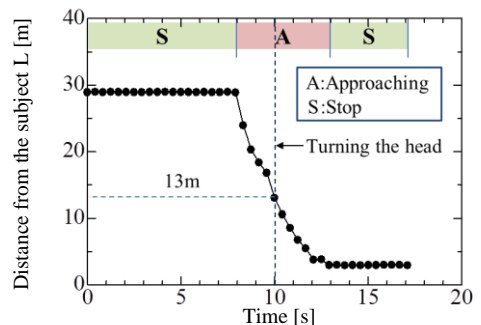


(a) Time response of distance to the motorcycle

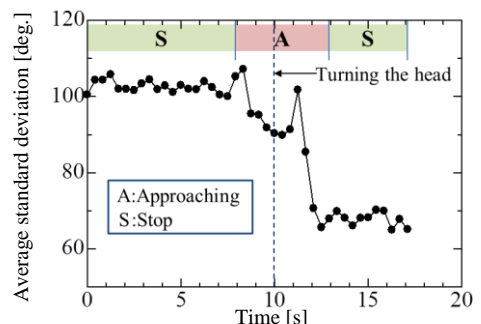


(b) Time response of average standard deviation

Fig.4 Time responses of distance to the motorcycle and average standard deviation.(Not turning the head)



(a) Time response of distance to the motorcycle



(b) Time response of average standard deviation

Fig.5 Time responses of distance to the motorcycle and average standard deviation (Turning the head).