

# 屋外用ウェアラブル聴覚支援システムに関する研究

- バイクが右あるいは左後方から接近する場合 -

日大生産工 (院) ○石塚隼大 日大生産工 霜山竜一

## 1. まえがき

聴覚障害者は外出時に、側方や後方など死角になる方向の状況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、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真後ろからの接近を知らせるウェアラブル型聴覚支援システムについて検討した<sup>1)</sup>。本研究では、右あるいは左後方から接近する自動二輪車に、被験者が気付くまでの時間を計測した結果について述べる。

## 2. 音圧の短時間両耳間位相差の評価法

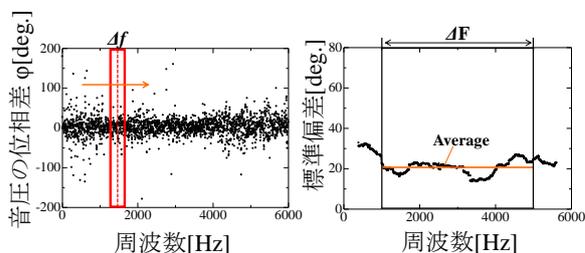
直接到達する直接音と地面や壁面などに反射して到達する反射音の合成された音を検出する場合に、音源が遠いほど直接音に対する反射音のエネルギー比が高まる<sup>2)</sup>。このため、音圧の短時間両耳間位相差の周波数特性は、音源が遠いほどばらつき傾向がある。このばらつきを標準偏差で評価し距離推定に利用する。中心周波数 $f_i$ 近傍の周波数帯域 $\Delta f_i$ に含まれるデータ数を $2m+1$ 、 $\Delta f_i$ 内の音圧の位相差を $\varphi_j$ 、 $\Delta f_i$ 内の位相差の平均値を $\bar{\varphi}_i$ とすると標準偏差 $\rho_i$ 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。この周波数帯域 $\Delta F$ 内の平均値でばらつきを評価する。

## 3. 実験方法

被験者がバイブレータの振動で自動二輪車の接近に気づき、振り向くまで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圧の短時間両耳間位相差の周波数特性のばらつきから、FPGA(Field-Programmable Gate Array)モジュールを用いて標準偏差の平均値を求める。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た。バイブレータには小型のスピーカドライバを使用した。標準偏差の平均値が100[deg.]から60[deg.]まで減少するにつれてバイブレータの振動が強まるように設定した。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て、両耳に耳栓とイヤマイクを装着した。被験者にはバイブレータの振動が強まったら振



(a)両耳間位相差の周波数特性 (b)標準偏差の周波数特性

図1 両耳間位相差と標準偏差の周波数特性

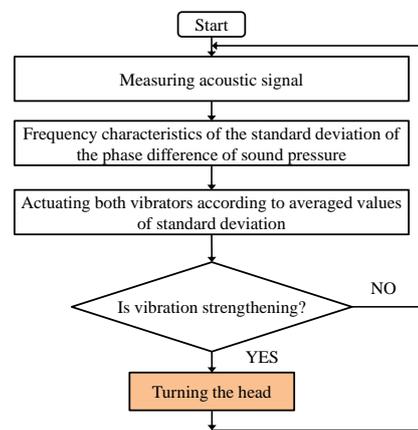


図2 フローチャート

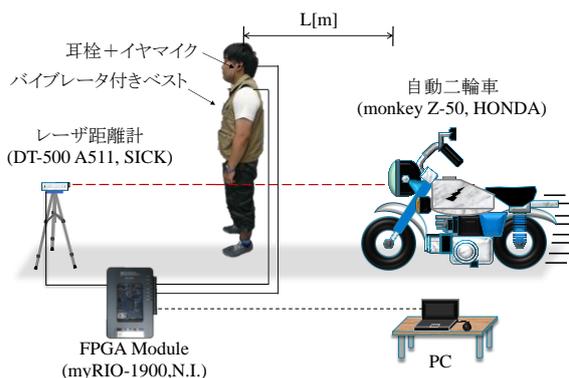


図3 システム構成

り返るように指示した。システム構成を図3に示す。屋外で被験者の右後方あるいは左後方の約30[m]離れ

Study on outdoor type wearable hearing support system  
- On the case of a motorcycle approaching from the right or left rear -

Shunta ISHITSUKA and Ryuichi SHIMOYAMA

た地点から自動二輪車(monkey Z-50, HONDA)を走行させて被験者の手前約3[m]で停止した。自動二輪車が停止状態から接近して再び停止するまでの自動二輪車と被験者間の距離を、レーザー距離計(DT-500 A511, SICK)で測定した。同時に標準偏差の平均値の時間変化も記録した。

#### 4. 実験結果

バイブレータの振動にかかわらず被験者が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の距離の時間変化を図4(a)に示す。自動二輪車は実験開始6[s]後に接近し始め、11[s]後に停止した。平均時速は18km/hrである。対応する標準偏差の平均値の時間変化を図4(b)に示す。自動二輪車が停止(S)している6[s]間は、標準偏差の平均値は変動しているが、接近時(A)に急激に減少することがわかる。

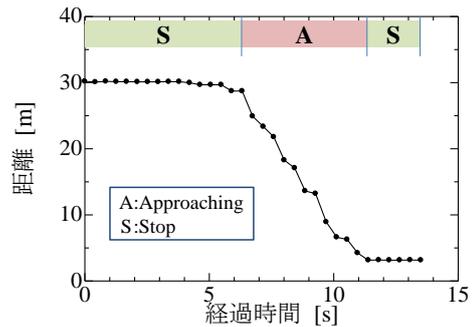
次に、バイブレータの振動が強まったと感じた際に被験者が振り向く場合について検討した。被験者と自動二輪車間の距離の時間変化を図5(a)に示す。実験を開始してから5[s]後に自動二輪車が接近し始め、10[s]後に停止した。平均時速は21km/hrである。対応する標準偏差の平均値の時間変化を図5(b)に示す。実験開始後5[s]間は標準偏差の平均値は変動しており、100[deg.]以上であるためバイブレータは振動していない。自動二輪車が近づくと標準偏差の平均値は減少して、両肩のバイブレータの振動は強くなり、被験者は走行開始約3[s]後に振り向き始めた。この時点で自動二輪車は被験者から12[m]の地点を走行している。振り向く際に、標準偏差の平均値は上昇し再び減少した。振り向き終わるまでに約1[s]程度要した。

#### 5. まとめ

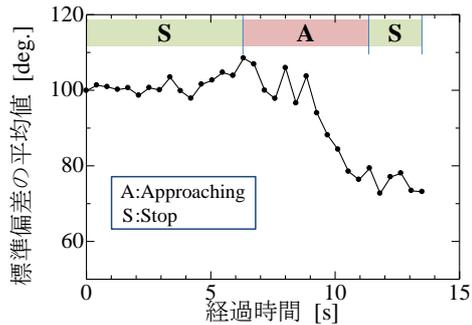
バイブレータ付きのベスト、耳栓とイヤマイクを装着した被験者が、屋外で左後方から接近する自動二輪車に気付くまでの時間を計測した。バイブレータの振動が強まることで音源の接近を呈示した。その結果、自動二輪車が平均時速21kmで走行し始めてから約3[s]後に被験者は振り向き始めた。この時点で自動二輪車は12[m]遠方を走行していた。今後は自動二輪車までの距離だけではなく、方向も検出して呈示する聴覚支援システムについて検討する予定である。

#### 「参考文献」

- 1) 石塚 隼大, 霜山 竜一, “屋外用ウェアラブル聴覚支援システムに関する研究”, FIT2017 (第16回情報科学技術フォーラム)論文集 J-024, p.p.389-390, 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.

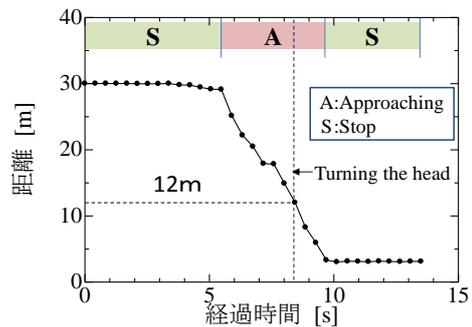


(a)自動二輪車と被験者間距離の時間変化

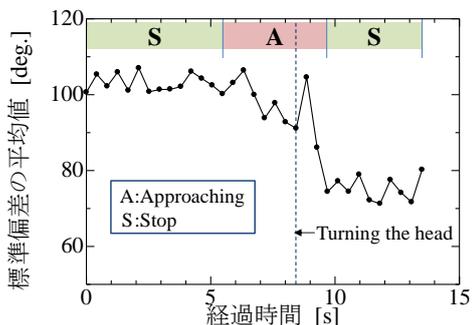


(b)標準偏差の平均値の時間変化

図4 自動二輪車と被験者間の距離と標準偏差の平均値の時間変化（振り返らない場合）



(a)自動二輪車と被験者間距離の時間変化



(b)標準偏差の平均値の時間変化

図5 自動二輪車と被験者間の距離と標準偏差の平均値の時間変化（振り返る場合）