

両耳聴ヘッドトルソによる後方から接近する音源の検出法

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からの危険が知覚できず、危険に晒されることがある。聴覚障害者に音源の接近を知らせる聴覚支援システムが開発できれば、障害者のQOLの向上に役立つものと考えられる。小野らは室内で音圧の短時間位相差の周波数特性と音源の動きの関係について報告している²⁾。本研究では、屋外で両耳聴ヘッドトルソの後方から自動二輪車を走行または停止させて、音圧の短時間両耳間位相差の周波数特性を用いて自動二輪車の接近を検出する方法について検討した。

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壁や地面などに反射して到達する反射音が合成された音を検出するため、音源が遠いと、直接音に対する反射音のエネルギー比が高まることと関係がある¹⁾。図1(a)に示すような短時間両耳間位相差の周波数特性のばらつきを式(1)の標準偏差で表す。中心周波数 f_i 近傍の周波数帯域 Δf 内の音圧の位相差を ϕ_j 、 Δf 内の位相差の平均値を $\bar{\phi}_i$ 、 Δf 内に含まれるデータ数を $2m+1$ とすると標準偏差 ρ_i は、

$$\rho_i = \sqrt{\frac{1}{2m+1} \sum_{j=i-m}^{i+m} (\phi_j - \bar{\phi}_i)^2} \cdots (1)$$

である。中心周波数を変えて標準偏差を求めると位相差の標準偏差の周波数特性が得られる(図1(b))。得られた標準偏差の周波数特性から標準偏差の平均値を求める。標準偏差の平均値で音圧の短時間両耳間位相差の周波数特性のばらつきを評価した。

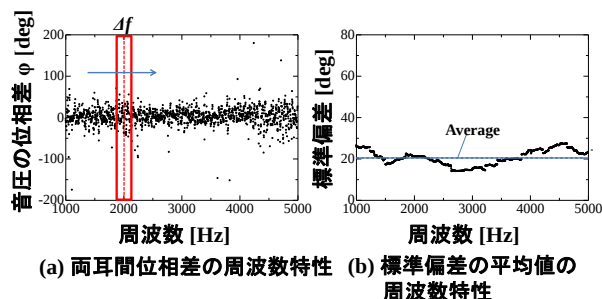


図1 短時間両耳間位相差と標準偏差の周波数特性

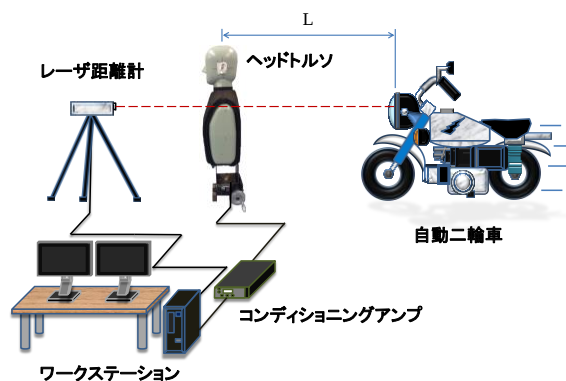


図2 システム構成

3. システム構成

図2に測定システムの構成を示す。屋外で両耳聴ヘッドトルソ(4100-D, B&K)の約30[m]後方に自動二輪車(monkey Z-50, HONDA)を配置した。自動二輪車を運転してヘッドトルソの後方約3[m]の位置まで接近させた。24bit分解能のA/D変換ボード(PCI-4474, N.I)を搭載したW.S.(GX280, DELL)で音響信号を収録し処理した。自動二輪車とヘッドトルソ間の距離はレーザ距離計(DT-500 A511, SICK)で別途測定した。

4. 実験結果

自動二輪車を後方からヘッドトルソに向かって約18km/hの速度で接近させた後、約8[m]手前で一旦停止し、再度約3[m]まで近

Estimation of the sound source approaching in the back of head and torso.

Shunta ISHITSUKA and Ryuichi SHIMOYAMA

づけた。標準偏差の平均値の時間変化を図3に示す。自動二輪車の停止時(S)には標準偏差の平均値は一定の幅で変動しており、接近時(A)には急激に減少することが分かる。図3に対応する標準偏差の平均値の時間差分の変化を図4に示す。本研究はリアルタイム処理を前提にしているため、時間遅れの少ない後退差分(10点)を採用した。差分値の絶対値が閾値より大きい場合に音源が動いているとみなした。停止時の変動を無視するため閾値を $\pm 2.3[\text{deg/s}]$ に設定し、その範囲をメッシュで表示した。差分値が閾値以下になる時刻は11[s](D1)、14[s](U1)、20[s](D2)、23[s](U2)である。D1、D2は下降時、U1、U2は上昇時の時刻を指す。レーザ距離計で同時に計測したヘッドトルソと自動二輪車間の距離の時間変化を図5に示す。実験開始から約8[s]後に自動二輪車が近づき始め、8[m]手前で約8[s]間停止した後、再度近づく様子が分かる。図4と図5を対応させると時刻D1は、自動二輪車が動き始めてから約3[s]後となった。これは、距離が13[m]以上離れると検出が難しいことを示す。時刻U1は停止してから2[s]遅れており応答性が若干劣る。この理由は後退差分を採用したためと考えられる。

5. まとめ

屋外で両耳聴ヘッドトルソの後方から、自動二輪車を接近または停止させて音圧の短時間両耳間位相差の周波数特性を用いて自動二輪車の接近を検出する方法について検討した。その結果、標準偏差の平均値の時間変化から距離が約13[m]以下なら後方の自動二輪車の接近を検出可能なことを示した。今後は本システムの応答性を改善するためFPGAモジュール化や差分アルゴリズムについて検討する予定である。

参考文献

- 1) Kuster, M. Estimating the direct-to reverberant energy ratio from the coherence between coincident pressure and particle velocity. J. Acoust. Soc. Am. **2011**, 130, 3781–3787.
- 2) 小野 将、日本大学生産工学研究科平成 26 年度修士論文「両耳聴ヘッドトルソを用いた音源の動きの検出に関する研究」

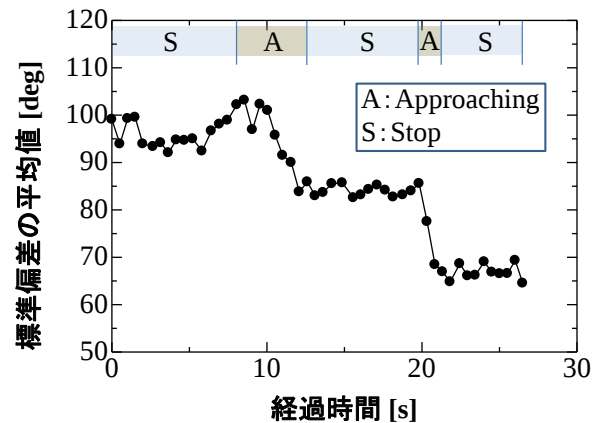


図 3 標準偏差の平均値の時間変化

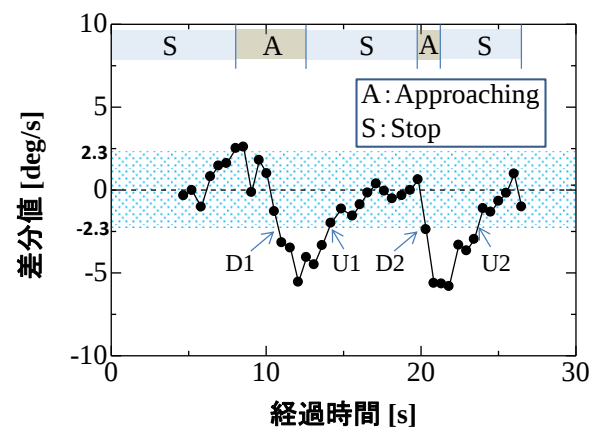


図 4 差分値の時間変化

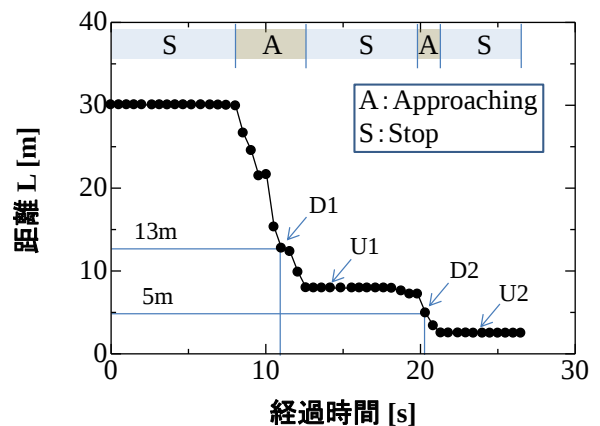


図 5 自動二輪車とヘッドトルソ間距離の時間変化