

指向性マイクロホンを用いた接近車両検出に関する研究

113430015 坂井佑規

渡邊研究室

1. はじめに

交通事故原因の上位を占める出会い頭衝突[1]を防止するため、我々は車両が走行時に発するタイヤと地面との摩擦音、いわゆるロードノイズを用いて接近車両を検出する手法を検討している[2]。本手法においてマイクロホンを車両の前方に搭載した場合、自車のエンジン音の影響が問題となる。そこで、従来使用していた無指向性マイクロホンではなく、指向性マイクロホンを使用することで、エンジン音の影響を低減できるか実験的に検討を行う。

2. 検出方法[2]

自車両に搭載された複数のマイクロホンにより、接近車両(音源)の方向を求め、接近の有無を判定する。このシステムの構成のフローチャートを図1に示す。

まず、録音した音データからロードノイズを抽出するため、通過帯域フィルタを使用する。ロードノイズは1000[Hz]付近にスペクトルのピークを持つ傾向があるため、本研究での帯域は500[Hz]~2000[Hz]とする。次に2個のマイクロホンを1組とする”対”を構成し、対をなす2個のマイクロホンからの信号で相互相関関数 $r(\tau)$ を求める。ここで複数の対を構成する場合は、各対での $r(\tau)$ を足し合せ、それが最大となる τ から音の到達時間差 τ 、つまり方向を求める。最後に接近の有無は、算出した $r(\tau)$ および、 τ の時間的な分散 σ を閾値処理により判定する。

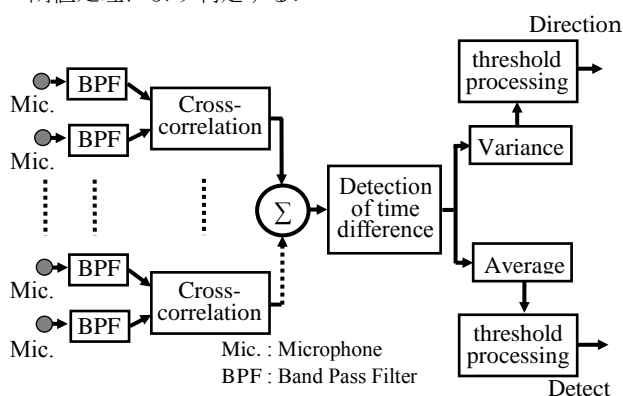


図1 システムの構成

3. 指向性マイクロホンについて

マイクロホンには指向性マイクロホンと無指向性マイクロホンがある。指向性マイクロホンは特定の方向に対して感度が良いが、無指向性マイクロホンはすべての方向に対して同感度である。このため、無指向性マイクロホンはロードノイズ以外にも、自車両に搭載されているエンジンからの音も同感度で録音してしま

い、エンジン音の影響を受けやすいと考えられる。そこで、エンジン音の影響を低減するため、指向性マイクロホンを使用することを提案する。今回用いた指向性マイクロホンの指向特性を図2に示す。指向性マイクロホンの感度は、マイクロホンの正面方向で最大となり、背面方向で最小となる。この角度による感度差と、エンジンと接近車両との方向が違うことを利用し、接近車両方向の音を強調することで、エンジン音の影響を低減できると考えられる。

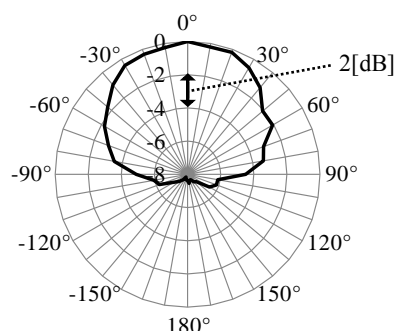


図2 指向性マイクロホンの指向特性

4. 実験

4.1 実験方法

エンジン音の影響による違いを確認するため、無指向性マイクロホンを使用した場合と指向性マイクロホンを使用した場合で接近車両検出を行い、その結果を比較した。また、接近車両が走行する道路に対する指向性マイクロホンの取り付け角度を変えながら接近車両検出を行い、検出時間を比較した。

ここでマイクロホンの設置に関して、本来であれば実車に取り付けるべきではあるが、実験の再現性の観点および、エンジン音以外の雑音の影響を除くために、マイクロホンは車載せず以下の方法により擬似的にエンジン音の影響を付加した。まず、エンジンを単一音源と仮定し、スピーカから実際のエンジン音を流す。このときスピーカを箱の中に入れ、その上にマイクロホンを配置した。箱の中に入れることで、車両のボディ内の反射音やボディ自体の振動を考慮した。

4.2 マイクロホンの配置方法

マイクロホンの配置方法を図3に示す。なお、配置方法やマイクロホン対は無指向性・指向性ともに同じである。無指向性マイクロホンと指向性マイクロホンはそれぞれ8個使用し、0.1[m]間隔で一直線上に配置した。このとき図3のNo.1~No.4の指向性マイクロホンは左方向から接近してくる車両の検出に用いるために、感度が最大になる方向を左に向ける。同様にNo.5~No.8の指向性マイクロホンは右方向から接近

してくる車両の検出に用いるために、感度が最大になる方向を右に向ける。マイクロホン対は 0.2[m]間隔となるように構成した。

指向性マイクロホンの取り付け角度は、図 4 に示すように道路に対して平行(90° および-90°), 斜め(45° および-45°), 直角(0°)の3種類とした。

4.3 周囲環境について

マイクロホンと道路の距離は約 3[m]で、左右に壁などの障害物がない環境で実験を行った。また、実験時の天候は晴れ、路面は乾燥アスファルト、暗騒音レベルは平均 44.4[dBA]と比較的静かな場所であった。

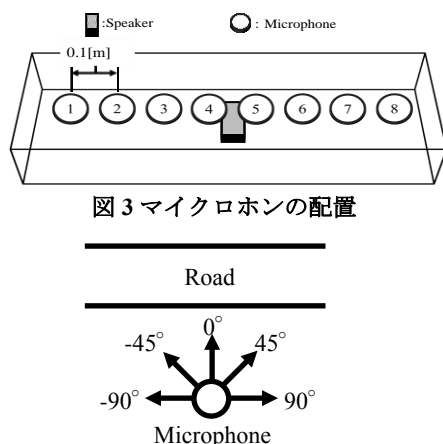


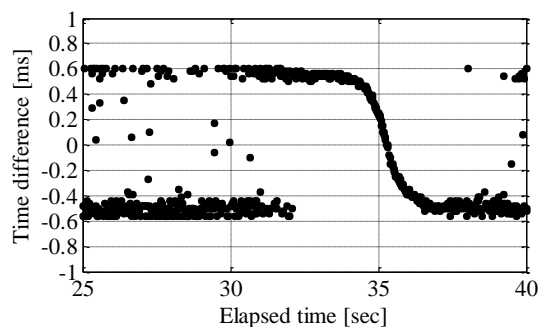
図 3 マイクロホンの配置

図 4 指向性マイクロホンの取り付け角度

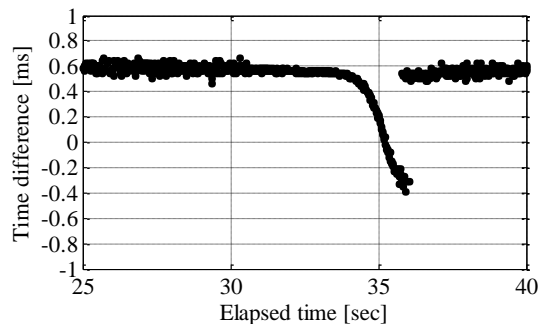
5. 実験結果

車両が左方向から接近してきた場合の時間差の算出結果例について、図 5(a)に無指向性マイクロホンを使用した場合の結果例を、図 5(b)に指向性マイクロホン(取り付け角度は-90°)を使用した場合の結果例をそれぞれ示す。図 5(a)の時間差において、接近車両を検出していない 25[s]~40[s]では分布が負の値に集中していることがわかる。これはエンジン音の影響である。対して図 5(b)の時間差において、同じ 25[s]~40[s]では分布が正の値に集中しており、エンジン音の影響が少ないことがわかる。つまり、指向性マイクロホンを使用することで、エンジン音の影響を低減することができると考えられる。

図 6 に指向性マイクロホンの取り付け角度を変えた場合と無指向性マイクロホンを使用した場合の検出時間の最大値、最小値、平均値を示す。この時の検出回数是指向性マイクロホンの取り付け角度が 0° の場合は 10 台、45° (または-45°) の場合は 10 台、90° (または-90°) の場合は 11 台、無指向性マイクロホンを使用した場合は 10 台である。結果から指向性マイクロホンを 90° (または-90°) に向けた場合の検出時間が最も早く、無指向性マイクロホンを使用した場合が最も遅いことがわかる。これは指向性マイクロホンを 90° (または-90°) に向けた場合がエンジン音の影響を最も低減できており、また、接近車両に対して、指向性マイクロホンの感度が最も高い方向を向けているためであると考えられる。



(a) 無指向性マイクロホンの場合



(b) 指向性マイクロホンの場合

図 5 方向(時間差)の検出結果例

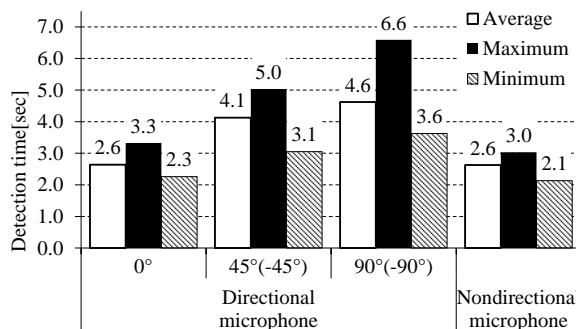


図 6 検出時間

6. まとめ

無指向性マイクロホンと指向性マイクロホンを用いて接近車両検出実験を行った。無指向性マイクロホンではエンジン音の影響を大きく受けていたのに対して、指向性マイクロホンを用いることでエンジン音の影響を低減出来ることを、疑似的なエンジン音のある環境下での実験において確認した。またこの際、指向性マイクロホンの高感度となる方向を接近方向である 90° (または-90°) に向けることで、最も早い段階で接近車両を検出出来ることも示した。これらのことから、音響による接近車両検出において、指向性マイクロホンの使用が有効であることを示した。

参考文献

- [1] 警察庁交通局：平成 23 年中の交通事故の発生状況, pp24-27(2012).
- [2] 旭健作, 三好史泰, 小川明：電子情報通信学会論文誌, J91-A(1), pp.68-77 (2008).