

# 走行中の高騒音車両の遠隔センシング手法の検討

環境研究領域 ※田中 丈晴、坂本 一朗、村上 孝行、  
(神奈川工科大学) 杉 啓太、石濱 正男、(株)小野測器 猿渡 克己

## 1. まえがき

消音器の不正改造や違法マフラーの装着により高騒音を発生して走行する車両が環境騒音の悪化や沿道住民への騒音被害の原因の一つとなっており、早急な対策の強化が強く要請されている。高騒音車両の取り締まりは、車両検査及び街頭検査において実施されているが、人的な制約等もあり効率的でない状況にある。このような街頭検査を効率的に行う一方法として、走行中の車両が発する騒音を常時監視し、高騒音車両を交通流のなかから判別する方法が考えられる。このような車両を路上で特定する遠隔センシング手法に関して技術的に検討された例は、これまで殆どみられない。

本研究では、走行中の高騒音車両を路上で捕捉可能な、遠隔位置からのセンシング手法の開発にむけて、必要なシステムに関する指針を得るため、実車走行試験を基に基礎的な検討を行った。

乗用車と二輪車を対象に、標準マフラー及び交換用マフラー装着時の通過騒音を騒音規制対象である側方での騒音レベルと遠隔センシングで想定される計測位置、車両走行ラインの垂直上方での騒音レベルを分析し、区間を限定すれば、両者の騒音レベル間に高い相関が得られることが確認できた。それらの概要を述べる。

## 2. 遠隔センシング手法と検討内容

### 2. 1 本システムの目的と概要

本システムの目的は、道路上に設置し、走行する各種車両の発生騒音を計測し、特に、違法なマフラーの装着等により大きな騒音を発して走行する車両（以下、高騒音車両）を判別することである。

図1に、実際の道路に設置されたイメージと想定される主な処理の流れを示す。図に示すとおり、実際の測定環境では、音波干渉や反射による影響、更には、併走車両等の影響が考えられるため、排気騒音等の音源同定が可能なアレイマイク等を用いた遠隔センシング手法が必要である。また、対象車両の

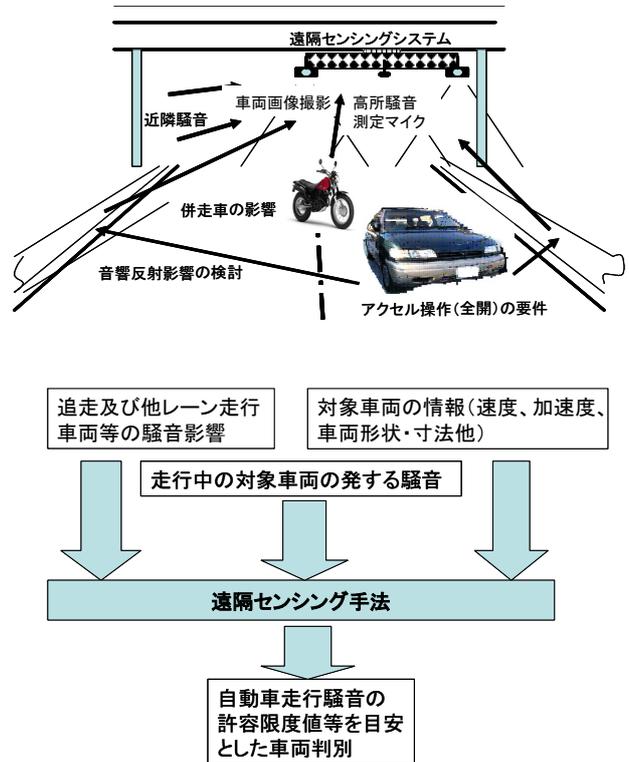


図1 本システムの道路設置のイメージ（上）と想定される主な処理の流れ（下）

走行時の運転条件に係わる情報も付加情報として極めて重要である。出力情報としては、概ね、自動車走行騒音の許容限度値（加速走行騒音の規制値）等を目安として車両を判別することとするのが妥当であると考えられる。

### 2. 2 本研究での検討内容

遠隔センシング手法に必要な基本的なシステム要件を得るため、測定環境及び車両の走行条件を単純化した実車走行実験により基礎的な検討を本研究では行った。すなわち、試験路において遠隔センシングで想定される計測位置、車両走行ラインの上方での騒音と現行騒音規制の対象となっている車両左側方での騒音との関係について考察した。

## 3. 実車走行実験による検討

### 3. 1 試験車両と試験マフラー

試験車両として、登録台数も比較的多く、対応す

る交換用マフラーも多く市販されているワゴン型の乗用車（ET車）と400ccクラスのスポーツタイプの二輪車（CB車）各1台を選定した。各試験車両の主要諸元を表1に示す。また、交換用マフラーは、乗用車用に2種類、二輪車用に1種類を用いた。交換用マフラーET-aは、消音器内部の「インナーサイレンサー」と称する絞り部が機能し、気流音が増加する高周波数域強調型のタイプであり、ET-bは、上記の絞り部を除いたもので、CB-aとともに低周波数域強調型である。<sup>1)</sup>

### 3.2 試験方法と測定システム

騒音の測定は、騒音測定用試験路面（ISO路面）上でを行い、TRIAS20の試験手順に準拠して行った。計測には、通過騒音測定システム（BKType3560）を

表1 試験車両の主要諸元

名称	乗用車	二輪車
年式(タイプ)	H14(ワゴン型)	H16(スポーツ型)
定員(人)	8	2
車両重量(kg)	1,630	190
車両総重量(kg)	2,070	300
燃料	ガソリン	ガソリン
排気量(cc)	2,352	399
最高出力(kw/rpm)	118/5,600	39/11,000
最大トルク(Nm/rpm)	221/4,000	38/9,500
変速機形式・総ギア段数	4AT	6MT
記号	ET	CB

表2 試験マフラー

記号	標準・交換用の種別	備考
ET-n	標準マフラー	
ET-a	保安基準適合品	インナーサイレンサー装着(高周波数域強調型)
ET-b	保安基準非適合	インナーサイレンサー非装着(低周波数域強調型)
CB-n	標準マフラー	
CB-a	JMCA認定品	低周波域強調型

使用した。試験路でのマイクロホンの配置と加速開始点(AA')、マイク前通過点(PP')、加速終了点(BB')の平面図を図2に示す。車両走行ラインの垂直上方のマイクロホンPvの先端位置は、車両走行線から10m程度離れた位置のクレーン車のアームを用いて、歩道橋等の高さを想定し、地上4m高さに固定した。

### 3.3 試験条件

試験条件は、TRIAS20準拠の加速走行条件とし、速度50km/hからの全開加速走行に加えて、より低速域からの加速となる速度20km/hからの全開加速走行（二輪車では変速段2速を使用）と速度50km/hからの惰行走行試験等を追加した。

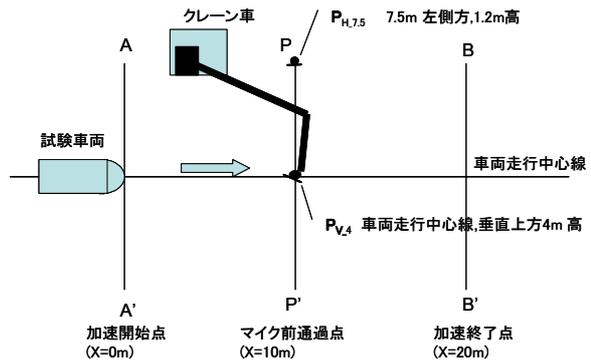


図2 マイクロホン位置と騒音測定区間(平面図)

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 指向性係数比の計算

各種マフラー装着時の加速走行時の水平方向と垂直方向の指向性係数の比を算出し、垂直上方での騒音と規制対象となっている左側方の騒音との関係を考察した。

一般に、半自由空間内にある音源に対して、距離  $r$  (m) 離れた位置で測定される音圧レベル  $Lp$  (dB) は、以下の(1)式で示される。

$$Lp = PWL + \log Q - 20 \log(r/1) - 7.8 \quad (1)$$

ここで、 $PWL$  (dB) は、音源のパワーレベル、 $\log Q$  (dB) は、指向性係数を表す。なお、以下、垂直上方方向及び左側方の各音圧レベルの表記は、添え字“V”及び“H”で区別する。図3に示すように、試験車両の前端部位置が図2の測定区間内の  $x$  (m) にあるときの車両の音源中心  $O_s$  (車両の前後方向及び左右方向の中心で路面上の点と仮定) と騒音計測点  $P_{H7.5}$  との間の距離を  $r_1$  (m)、また、音源中心  $O_s$  と図2のマイク前通過点 (PP') の鉛直面内にあり、車両走行中心線から直線距離4mの点  $P_{H4}$  との間の距離を  $r_2$  (m)、また、図2の騒音計測点での騒音レベルを  $Lp_{H7.5}$  (dB)、 $Lp_{V4}$  (dB) とすると、左側方の点  $P_{H4}$  を基準とした場合の指向性係数比  $\log(Q_V/Q_H)$

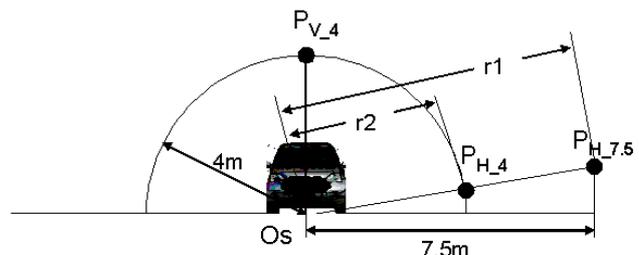


図3 騒音計測点  $P_{H7.5}$ 、 $P_{V4}$  と指向性係数算出のための基準点  $P_{H4}$

(dB)は、以下の(2)式で示される。

$$\log(Q_V/Q_H) = Lp_{V_4} - Lp_{H_{7.5}} + 20 \log(r_2/r_1) \dots (2)$$

この指向性係数比(dB)の正負は、左側方の騒音に対して、垂直上方の騒音が大きい小さいかを示す。

#### 4. 2 指向性係数比の計算結果と考察

図4と図5に、二輪車の場合の50km/hからの加速走行騒音と惰行騒音の各騒音レベルの測定結果と指向性係数比の計算結果を示す。図4から、標準マフラー装着時より交換用マフラーCB-a装着時において加速騒音は増加し、いずれも $P_{V_4}$ の騒音レベルが $P_{H_{7.5}}$ の騒音レベルを上回る。図5から指向性係数比は、車両前端位置別に変化していることが認められるが、約5m~25mでは、これらの変動幅は、±約1.5~2dB程度の範囲にあり図4の各最大騒音レベルと比較し、指向性による影響は無視できると考えられる。二輪車に関しては、音響モデルとして、概ね点音源の仮定が成り立つと考えられる。また、指向性係数比がマイク前通過点(PP')付近で、僅かに負の値となるのは、車体や運転者による垂直上方の騒音測定点への遮蔽効果が影響していると推定される。

図6及び図7に、乗用車の場合の結果を示す。図6から、二輪車と同様、ET-a、ET-bともに標準マフラーより加速走行騒音は増加し、上方の $P_{V_4}$ の騒

音レベルは、左側方の騒音を上回る。図7から指向性係数比は、二輪車よりも車両前端位置別に大きく変化している。マイク前通過点(PP')直後において最小となり-5~-10dBの負の値を示し、車両後部がマイク前(PP')を通過する付近から指向性係数比は、増加しマフラーET-a、ET-b装着時の場合は、2~6dBの正の値を示す。これらの指向性に基づく変化量(dB)は、図6の各最大騒音レベルと比較して無視できないと考えられ、乗用車では、音響モデルは、車体形状に起因する指向性を考慮する必要がある。

#### 4. 3 周波数分析結果の考察

図5及び図7から、車両後部がマイク前を通過後、指向性係数比が増加し、正の値に達する要因としてマフラー交換による排気騒音の増加が考えられる。垂直上方での騒音の周波数分析結果を、車両前端位置がPP'にあるときとPP'-BB'区間で騒音レベルが最大となるときを比較した。これらの結果を図8(二輪車)及び図9(乗用車)に示す。二輪車、乗用車ともに、PP'での結果に比べて、PP'-BB'区間の結果では、マフラーCB-a装着時で概ね50Hz~500Hz付近及びET-b装着時で160Hz~2.5kHz付近で、ともに概ね10dB前後の騒音レベルの増加が認められる。また、マフラーET-a装着時では概ね315Hz付近より高周波領域において約30dB程度までの顕著な騒

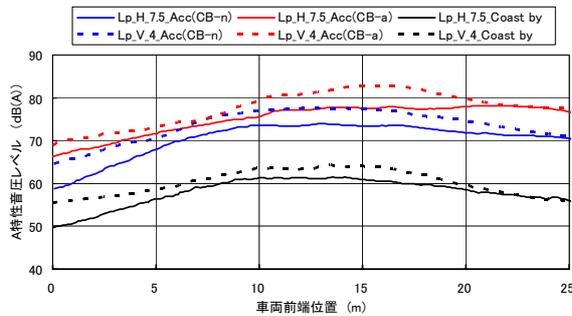


図4 二輪車の加速及び惰行騒音の測定結果

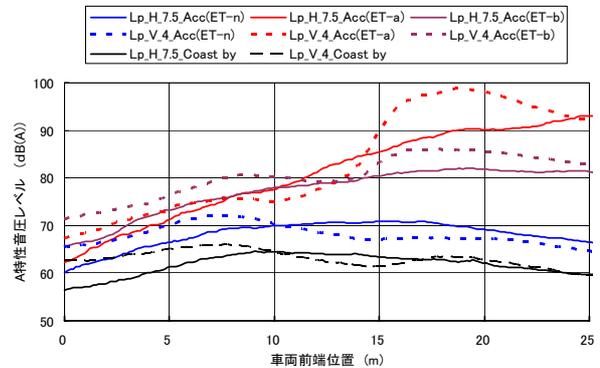


図6 乗用車の加速走行及び惰行騒音測定結果

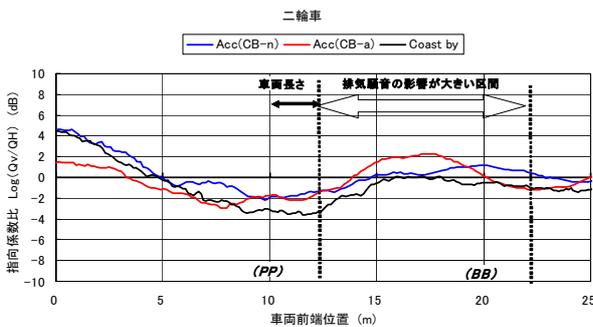


図5 二輪車の場合の指向係数比の計算結果

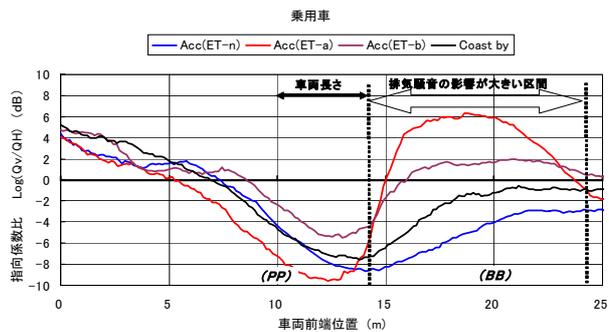


図7 乗用車の場合の指向係数比の計算結果

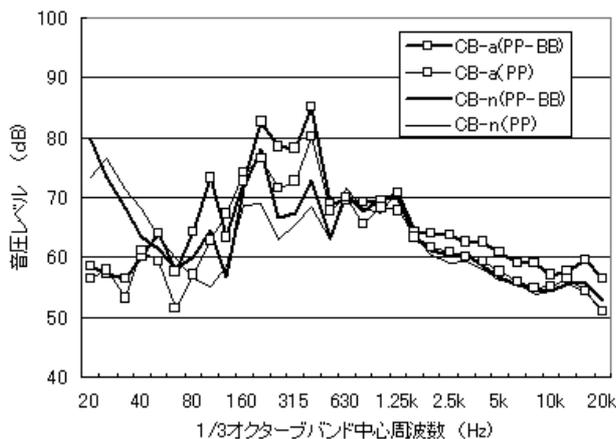


図8 PP'位置とPP'-BB'区間での騒音の周波数分析結果(二輪車の場合)

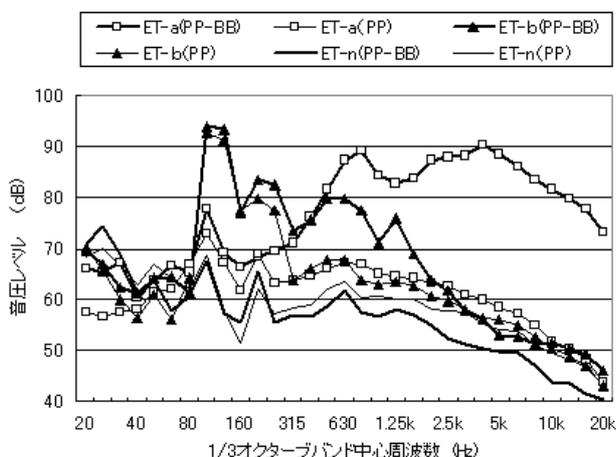


図9 PP'位置とPP'-BB'区間での騒音の周波数分析結果

音増加を示す。一方、標準マフラーは、二輪車、乗用車とも、PP'位置とPP'-BB'区間との周波数分析結果は類似し音圧レベルも全般に低い。これらから、いずれの結果も、標準マフラーに比較し、交換用マフラーの消音構造による周波数特性に基づく帯域、すなわち、排気原音に基づく低周波成分、また、気流騒音に基づく高周波成分の騒音が、PP'-BB'区間で増加することが確認できる。

#### 4.4 垂直上方と左側方の騒音レベルとの相関

PP'-BB'区間での垂直上方の最大騒音と左側方の最大騒音との相関を検討した。図10と図11に、二輪車及び乗用車に関して、マフラー別に加速走行等を実施した場合の測定結果を示す。両結果は、垂直上方の騒音Lp\_V\_4と左側方の騒音Lp\_H\_7.5との間には、高い相関が認められ、概ね換算が可能であることを示している。

### 5. まとめ

遠隔センシング手法に必要な基本的なシステムに

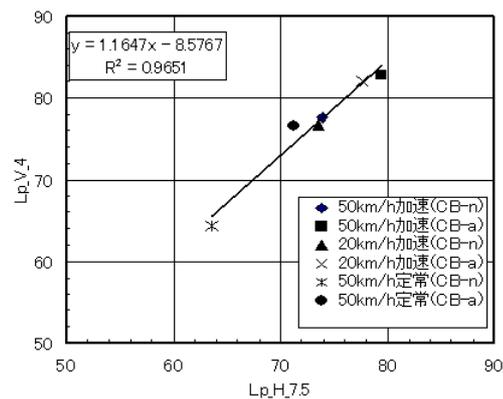


図10 PP'-BB'区間でのLp\_H\_7.5とLp\_V\_4との相関(二輪車の場合)

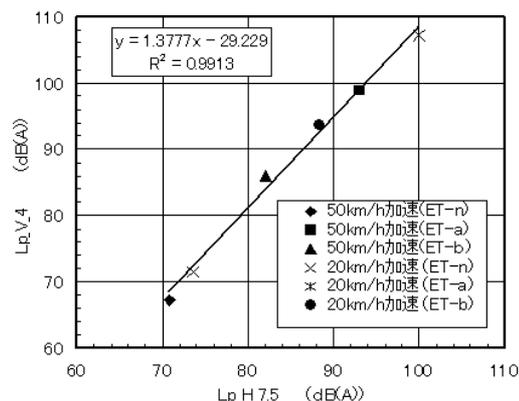


図11 PP'-BB'区間でのLp\_H\_7.5とLp\_V\_4との相関(乗用車の場合)

関する指針を得るため、乗用車と二輪車を対象に、騒音規制対象である側方での騒音レベルと車両走行ラインの垂直上方での騒音レベルとの関係を実車走行試験結果から指向性係数比を用いて考察した。その結果、以下の知見を得た。①垂直上方の騒音測定点では、車両後端部がマイク位置を通過後において、マフラー交換等による排気騒音の影響が著しいこと。また、その最大騒音レベルは、左側方の騒音に換算可能であること。②二輪車では、音響モデルとして概ね点音源仮定が成り立つが、乗用車では、指向性の考慮が必要であること。

これらの結果から、垂直上方での騒音計測は、遠隔センシング手法の一つとして有効であることが示された。今後、交換用マフラーの周波数特性や測定環境を考慮し、有効な騒音計測システムを提案していく予定である。

#### (参考文献)

- (1)平成16年度自動車単体騒音対策検討・調査,環境省請負業務成果報告書、(独)交通安全環境研究所、(社)自動車技術会