

## ⑦ 道路交通騒音の超過要因把握のための新たな騒音源可視化装置の開発 — 検証試験および通過車両情報抽出機能の追加 —

環境研究領域      ※宝渦 寛之      坂本 一朗      西 孝弘  
 神奈川工科大学      石濱 正男  
 株式会社小野測器      猿渡 克己

### 1. はじめに

騒音に係る環境基準の達成率は、全体として緩やかな改善傾向にあるものの、幹線道路の近接空間等では引き続き厳しい状況にある。現状の道路交通騒音は、マイクロホン1本で測定されているため、道路全体の騒音の大きさはわかっていても、個々の車両が発する騒音の大きさを測定することはできない。そのため、基準超過となる場合、その要因を特定することはできない。そこで独立行政法人交通安全環境研究所では、個々の騒音源を分離して計測し音源別に系統立てて評価を行うことにより、定量的に基準超過原因を判断することが可能なシステムの研究開発を行っている。本研究は、平成25年度より3カ年の計画で、国土交通省の交通運輸技術開発推進制度にて実施しており、本稿では主に平成26年度の成果について報告を行う。

図1に、製作するシステムの概要を示す。システムは、マイクロホンアレイとカメラを用いて、自動車の騒音発生部位別に騒音を評価可能とする。これまでに筆者らが開発を行った道路交通騒音の可視化装置<sup>1)</sup>は、道路の片側に設置するものであったため、複数車線を対象とした測定を行うことは不得手であった。しかしここでは、複数車線での測定を想定し、道路両端にマイクロホンアレイ等を設置するシステム構成を考案した。音源探査は、マイクロホンアレイにて挟まれる垂直断面内についてのみ実施する。得られた音源情報は、別途、カメラにて撮影された画像について画像処理を行い、音源発生部位と組み合わせてデータとして扱う。

研究初年度であった平成25年度は、測定対象が複数車線となるために従来よりも高い精度が求められる音源探査法について、反射波まで考慮したビームフ

ォーミング法を提案し、システムのプロトタイプ<sup>2)</sup>を構築した。しかし、時間の制約上、製作したプロトタイプ<sup>2)</sup>の検証は十分に行うことができなかった。また、反射波まで考慮したビームフォーミング法は、前提として反射物（ここでは通過車両）の位置や大きさが既知である必要があるが、平成25年度版のプロトタイプでは、計測することができないことが課題であった。本稿では、これらの問題を克服すべく、テストコース上での検証試験と、画像処理技術を用いて通過車両の長さ、高さ、車種、車速等の情報を自動で抽出を行うプログラムの開発を行ったので、その概要を述べる。

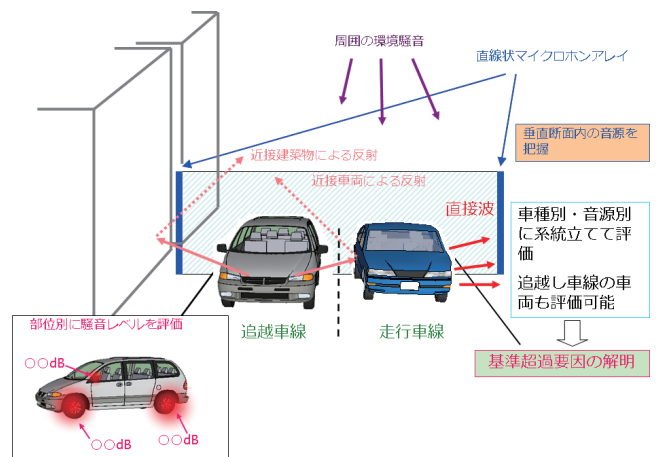


図1 新システム概念図

### 2. テストコース試験

開発したプロトタイプについて、その性能評価を行うことを目的とし、検証試験を実施した。試験は当所が所有する自動車試験場にて実施した。

図2に試験の様子を示す。なお、結果の解析は、図2に解析対象ラインとして示すように、 $z=0$ かつ $y$ 軸

と平行になる直線上について時系列に実施した。x 座標は、試験条件毎に異なり、それぞれ通過車両の近傍とした。試験車両には、標準マフラーを装着した乗用車と、トラックを使用した。図 3 に、乗用車が 50km/h の一定速度にて通過した場合について、騒音源の可視化を行った結果を示す。なお、ここで示す結果は、ラインスキャンカメラで撮影した画像と音圧レベルの分布を示すコンターマップを重ね合わせたものであり、音圧レベルの高い箇所が赤色で示される。定常走行時の乗用車は、タイヤ騒音が主な音源となることが知られているが、今回の結果においても、タイヤの接地面付近が大きな音源として現れることがわかる。次に、図 4 に、トラックが 50km/h の一定速度にて通過した場合の結果を示す。トラックの場合は、乗用車とは異なりエンジンやコンテナ下の駆動系が大きな騒音源となることがわかる。これらの結果から、実際の走行車両についても、音源位置を特定可能であることが確認された。

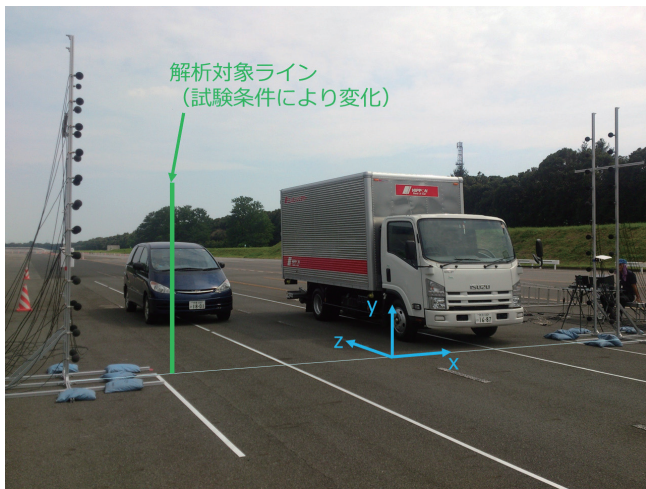


図 2 テストコース検証試験の様子



図 3 騒音源可視化結果：乗用車、50km/h



図 4 騒音源可視化結果：トラック、50km/h

### 3. 画像処理技術による通過車両情報抽出

公道を走行する不特定の車両について、その寸法や車種、車速を導出すべく、画像処理プログラムの開発を行った。画像処理を行う画像は、道路端にてエリアカメラ（アライドビジョンテクノロジー社製 Prosilica GC750C）を用いて 25fps にて撮影した動画を用いた。

図 5 に、開発を行った画像処理プログラムの主な流れを示す。また図 6①～⑥に、説明のため画像処理プログラムにおける途中経過画像等を示す。まずは事前準備として、チェッカーボードと呼ばれる白黒の市松模様のパネルを撮影した画像（図 6①）を利用し、撮影画像の樽型歪みの補正、SI 単位の長さへ変換を行う。画像処理においては、はじめに車両が存在しない画像（図 6②）を、背景画像として設定する。次に解析対象となる車両が存在する画像（図 6③）に対して、背景画像との差分をとり、さらに、あらかじめ設定し

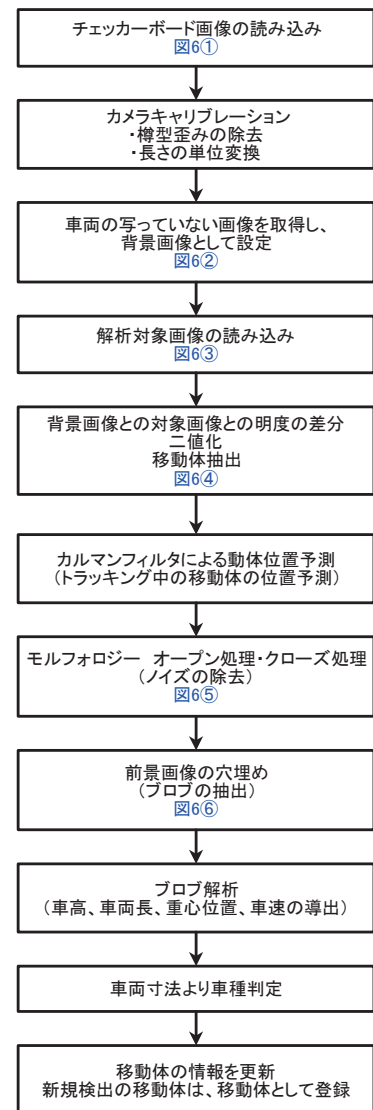


図 5 画像処理プログラムの主な流れ



図6 画像処理プログラムにおける処理経過

た明度を閾値として二値化を行う。その結果、図6④のように、移動体を白色、背景を黒色とする画像を得ることが出来る。抽出した移動体について、カルマンフィルタによる位置予測の範囲内に存在するものは前フレームに存在した車両として扱い、範囲外であれば新規の移動体として記録する。次に、二値化した画像(図6④)に対して、細かなノイズを除去する目的で、モルフォロジーオープン処理とクローズ処理を実施する(図6⑤)。この段階では、白色で示される移動体の内部に、窓等の影響による黒色の領域が残されており誤差要因となり得るため、図6⑥のように穴埋めを行い、移動体の抽出が完了する。一般に画像処理において、このような画像内に存在する一定の値を持った塊をプロブという。このプロブについて、その重心位置および寸法(車高、車両長)を求め、それらの寸法から、さらに車種判別を行う。なお、車種区分は、音源となり得る部位(エンジン、排気管等)の配置が似通った車両を同じ区分とし、“二輪車”、“トラック”、“乗用車等”、“判定対象外”とした。“判定対象外”については、歩行者や自転車等を想定している。次に、同一プロブの前フレームにおける重心位置と現フレームにおける重心位置の差分より、車速を求める。移

動体ごとにプロブ解析の結果を保存し、現フレームの解析作業は終了となり、次のフレームの解析に移る。

作成した画像処理プログラムの精度を検証する目的で、テストコース試験と公道試験を実施した。テストコース試験においては、当所の用意した車両を対象として車速および車両寸法の導出精度の検証を行い、公道試験においては、一般の走行車両を対象として車種判別性能の精度検証を行った。まずは、テストコース試験について、結果を表1に示す。また、図7、8には、乗用車およびトラックについて走行車両の検出結果を示す。これらの図においては、検出した車両を黄色の枠にて示しているが、車両寸法とほぼ同じ大きさにて検出することができていることがわかる。また、表1の結果より、車両寸法および車速の誤差は、ほぼ10%以内に収まることがわかり、良好な精度を有していることが確認された。



図7 車両検出結果：テストコース、乗用車



図8 車両検出結果：テストコース、トラック

表1 車両寸法および車速の導出結果

車種	実測値			導出値			誤差(%)		
	車両長(m)	車両高(m)	車速(km/h)	車両長(m)	車両高(m)	車速(km/h)	車両長(m)	車両高(m)	車速(km/h)
トラック	6.37	2.78	22.9	6.08	2.95	21.4	4.8	-5.8	7.0
	6.37	2.78	23.3	6.15	2.72	23.1	3.6	2.2	0.9
	6.37	2.78	38.9	5.97	3.07	38.6	6.7	-9.4	0.8
乗用車	4.75	1.77	40.9	4.34	1.55	41.6	9.4	14.2	-1.7
	4.75	1.77	44.2	4.40	1.64	41.4	8.0	7.9	6.8

次に、公道を走行する車両に対して、画像処理プログラムを適用した結果を示す。測定対象車両は、公道を走行する一般車両であるため、それらの寸法や走行速度は不明である。また、カメラキャリブレーションのためのチェッカーボード画像を十分に撮影できなかったことから、ここでは、導出された絶対値の検討は行わず、車種判別の精度検証を主な目的とした。図9～11に検出結果の一例を示す。なお、これらの図中右に黒塗りとなっている領域が存在しているが、これは街路樹の揺らぎによる移動体の誤検出を防ぐ目的で、画像に撮影後マスキングを行ったものである。また、公道試験の結果においても、テストコース試験の結果と同様に、図中の黄色い枠が検出された車両の大きさを表す。図9～11より、いずれの結果においても、ほぼ適正な大きさで車両を抽出できていることが確認できる。目視による車種分類の結果と、開発を行った画像処理プログラムによる車種分類の結果を比較すると、101台中100台が一致し、高精度な車種分類を行うことができた。誤判定となった1台については、車両の影の影響によって車両長を実際よりも長く検出したため、“乗用車等”と分類されるべき車両を



図9 車両検出結果：公道、二輪車



図10 車両検出結果：公道、乗用車

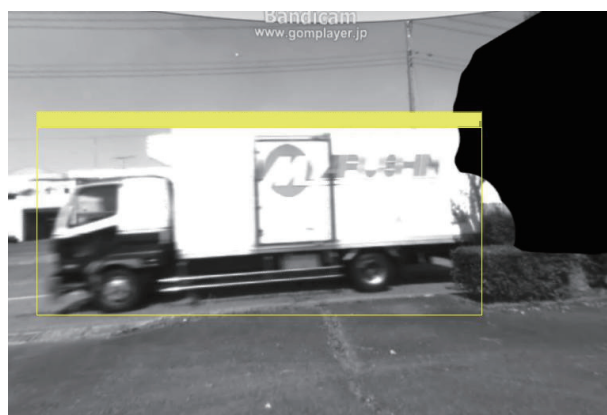


図11 車両検出結果：公道、トラック  
“トラック”と分類したものであった。

## 6. おわりに

本稿では、これまでに作成を行った道路交通騒音に係る基準超過要因把握のためのシステムについて、その検証試験の様子と、画像処理プログラムによる通過車両情報の抽出機能を実装した様子を紹介した。ここで開発を行った画像処理プログラムは、背景差分等を組み合わせ、エリアカメラにて撮影を行った動画より、騒音を反射する車両を抽出し、その車種や寸法を導出することが可能である。これらの導出精度について検証を行った結果、車両の寸法については誤差10%程度で求めることができ、車種判定についてはほぼ100%正確に判定することが出来た。今後は、適用可能な車線数の増加を図った上で、公道での検証試験を行い、定量的に環境基準の超過要因を特定することが可能なシステムシステムの完成を目指したい。

## 参考文献

- 1) Hiroyuki, Houzu, et al., "Development of sound source localization system to detect noisy vehicles from traffic flow", Proceeding of inter-noise 2011, CD-ROM (2011)
- 2) 宝渦ほか4名、「道路交通騒音の基準超過要因把握のための新たな騒音源可視化装置の開発－プロトタイプシステムの製作－」、平成26年度交通安全環境研究所フォーラム2014講演概要、pp. 93-96

## 謝辞

本研究は、国土交通省の交通運輸分野技術開発推進制度にて実施しました。謹んでお礼申し上げます。