

車両感知器データを用いた道路交通騒音の推計*

Estimation of road traffic noise using vehicle detector data

三井達郎**・森 健二***

By Tatsuro MITSUI**・Kenji MORI***

1. はじめに

信号制御、交通規制等の交通管理による道路交通騒音低減対策は、交通の流れを時間的・空間的にきめ細かくコントロールすることによって自動車騒音を低減しようとするもので、自動車構造の改良等の発生源対策や遮音施設の設置などの道路構造対策に比べて比較的少ない予算で短期間に実施できるという特徴がある。

道路交通騒音の低減をねらいとした交通管理を実施する場合には、まず、地域全体の騒音レベルの実態を把握し、対策が必要な地点および時間帯を特定することが必要である。しかしながら、実道路上での騒音測定地点は極めて限られており、騒音低減対策が必要な場所と時間帯を交差点や道路区間単位で特定できる有効な手段がないのが現状である。

そこで、本研究では、道路上に多数設置されている車両感知器のデータを用いて道路交通騒音を推計することを試みる。使用する車両感知器は、1台ごとに車両感知器の下を通過した時刻(1/100秒単位)、そのときの速度、車種を計測できる感知器である。速度は超音波のドップラー効果を利用して測定する。車種は、車高(車線上の感知器から送信した超音波の路面反射波受信時間と車両反射波受信時間の差を基に算出)および車長(車が感知器の下に存在した時間と速度を用いて算出)によって分類する。

本研究で提案する方法を用いれば、任意の受信点における時々刻々の騒音レベルをリアルタイムで推計することが可能になる。よって、騒音軽減対策が必要な地点・時間帯の抽出のみならず、様々な騒音軽減対策の評価にも活用できることが期待される。

*キーワード：交通公害、交通管理

** 正員，博（工），科学警察研究所交通科学第一研究室

***正員，工修，科学警察研究所交通科学第一研究室

（千葉県柏市柏の葉 5-2-11，TEL 0471-35-8001）

2. 騒音推定の考え方

現在、我が国で最も一般的に使われている道路騒音予測モデルは、日本音響学会が開発した ASJ モデル（最新版は RTN-Model 2003）である¹⁾。このモデルは、道路上を1台の自動車が走行したときの予測点における騒音の時間変化（ユニットパターン）及びその積分値を基本とし、その結果に交通条件（交通量、車種構成など）を考慮して、予測点における騒音のエネルギー的な時間平均値を求めるものである。ASJ モデルは、環境影響評価の一環として用いることを主たるねらいとしているため、予測対象時間としては1時間以上の比較的長い時間を採ることを想定している。

一方、実際の道路区間においては、信号等の影響によって交通の流れが頻繁に変化するため数十秒単位の短い時間間隔で騒音レベルが変動する場所が少なくない。そして、信号制御等の交通管理による騒音低減対策を考える際には、このような短い時間間隔での騒音レベルの変動を把握しておくことが必要である。本研究では、車両感知器から得られる1台ごとの感知器通過時刻と速度から、時々刻々の空間的な車の配置を推定し、これを基に受信点の騒音レベルを1秒単位で推定する方法を提案する。

（1）車両の位置の推定

沿道の任意の地点の騒音レベルは、道路上を走行する車からの発生騒音、すなわち車の位置と個々の車両の音響パワーレベルが決定されれば、伝搬計算によって算出することができる。音響パワーレベルは速度の関数によって表されることがわかっているので^{1),2)}、結局、ある時刻における車の位置と速度を知ることができれば、その時刻での沿道の騒音レベルを算出できることになる

車両感知器設置地点付近の車両の動きを時間・距

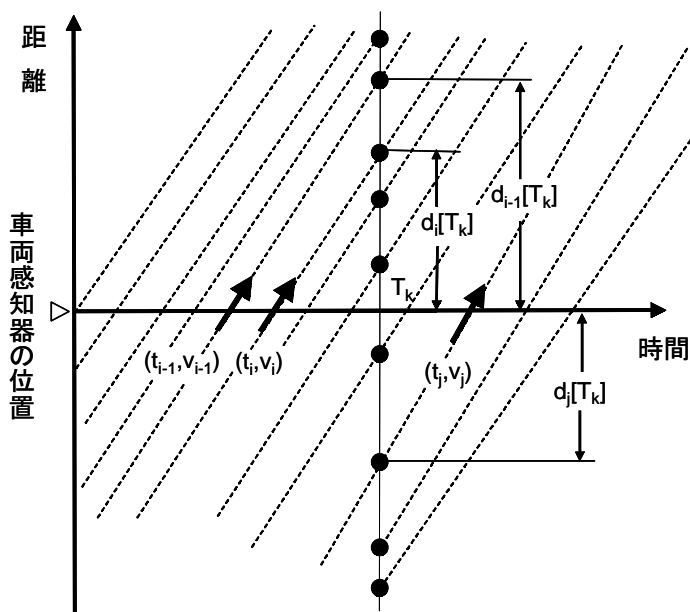


図-1 時刻 T_k における車両の位置の推定

離線図で表すと図-1のようになる。同図の破線は、個々の車の時間距離平面上の軌跡を示す。車両感知器によって測定できるデータは、車両 i が車両感知器の下を通過した時刻 t_i とそのときの速度 v_i である。よって、速度一定と仮定すれば時刻 T_k における車両 i の位置 $d_i[T_k]$ (車両感知器設置地点からの距離) は以下の式で計算できる。

$$d_i[T_k] = v_i \times (T_k - t_i) \quad (1)$$

$d_i[T_k]$ が正の場合は、時刻 T_k において車両 i が車両感知器設置地点より下流であることを示し、負の場合は上流であることを示す。時刻 T_k において車両感知器より上流に位置する車の位置は T_k の時点では不明であるが、実時刻と車両位置を計算する時刻 T_k の間に一定の時差を設ければ、実時間から遅れで車両感知器周辺の車の位置を時々刻々と推定できる。この値としては、車両感知器設置位置での騒音レベルに影響を及ぼさない上流側車両位置(感知器からの距離)を d^* とすれば $d^*/$ 平均速度とすることが考えられる。

(2) 車両の音響パワーレベルの算出^{1),2)}

走行車両のA特性音響パワーレベル[dB]は次式で計算される。

$$L_{WA} = a + b \log_{10} V + C \quad (2)$$

ここで、 V : 走行速度[km/h]、 a : 車種に与えられる定数、 b : 速度依存性を表す係数、 C : 基準値に対する

補正項である。

(3) 予測点における騒音レベルの算出^{1),2)}

音源 i (車両 i) に対して予測点で観測される騒音レベル $L_{A,i}$ は次式で与えられる。

$$L_{A,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_i + L_{cor,i} \quad (3)$$

ここで、 $L_{A,i}$: 車両 i が放射し予測点に伝搬する騒音のA特性音圧レベル[dB]、 $L_{WA,i}$: 車両 i のA特性音響パワーレベル[dB]、 r_i : 車両 i から予測点までの到達距離[m]、 $L_{cor,i}$: 車両 i から予測点に至る音の伝搬に影響を与える各種の減衰要素に関する補正量[dB]である。

実際の道路上では、複数の自動車、すなわち複数の音源が散在するので、ある予測点における騒音レベルは、各音源からの騒音パワーレベルの和として次式で表される。

$$L_p = 10 \times \log_{10} \left(10^{L_{A,i}/10} \right) \quad (4)$$

(4) 騒音レベル算出手順

予測点の位置を与えた場合に、その予測点における時刻 t の騒音レベルは以下の手順で算出される。

車両感知器のデータを用いて式(1)より各車両の位置、速度、車種をすべての車線について求める。

車両ごとに式(2)によってA特性音響パワーレベルを計算する。

各車両の音響出力による予測点における騒音レベルを式(3)で計算する。

予測点での騒音レベルを式(4)で求める。パワー和の対象は、予測点の騒音レベルに影響を与える範囲内 ($r_i \leq r_{max}$ 、本研究では $r_{max} = 200$ m と設定) に存在する車両とする。得られた L_p が、時刻 t における予測点の騒音レベルとなる。

3. 車両感知器による車種判別

道路交通騒音の予測モデル ASJ RTN-Model 2003 では、道路交通センサスの車種分類と同一の分類基準(ナンバープレートの分類番号の頭1文字)で車種を4分類もしくは2分類し、車種ごとに式(2)の係数 a の値を与えている¹⁾(走行区間と非定常走行区間に分け、 b 値と車種別の a 値をセットとして与えている)。一方、車両感知器では車高、車長で車種进行分类しているため、ASJモデルによる車種分類と車両

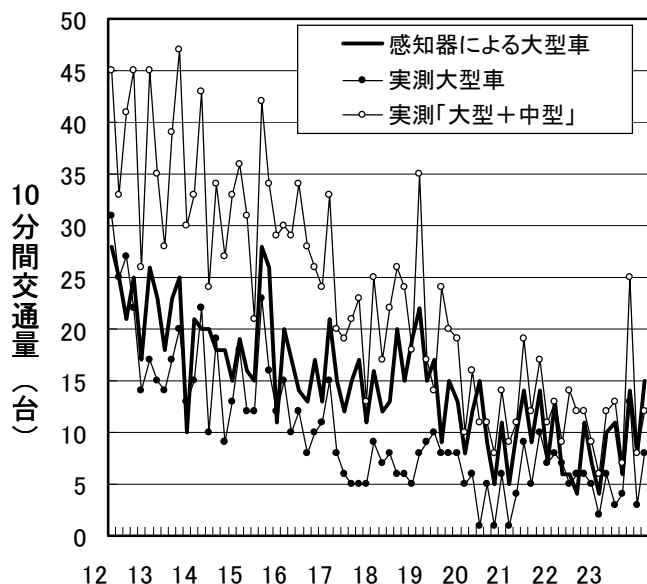


図-2 車両感知器による大型車交通量と路側観測による大型車交通量の比較
(国道16号外回り千葉県野田市)

感知器による車種分類は一致しない。

図-2に、車両感知器で分類された大型車(車高2m以上、あるいは車長7m以上)の交通量と路側観測によるナンバープレートに基づいた大型車交通量、「大型車+中型車」交通量を比較した例を示す。車両感知器による大型車交通量は実測値とかなり異なっていることがわかる。このことは、ASJモデルで提案している式(2)の係数a、bの値は、車両感知器による車種分類には適用できないことを意味する。車両感知器の車種分類に対応したa、b値を得るためには膨大な量の騒音パワーレベルの実測データが必要であり、現実には極めて困難である。そこで、本研究では、後述するように、実測の騒音レベルと2.で述べた方法による騒音レベル推計値の乖離が少なくなるようにb値と車種別のa値を求めた。

4. 騒音レベル推計結果

本研究で提案した騒音レベル推計法を用いて実際の騒音レベルの推計を行った。対象地点は以下の2カ所である。

国道16号：千葉県野田市野田自動車検査場前

国道6号：千葉県我孫子市電力中央研究所付近

両地点は共に片側二車線道路で各車線には車種判別(大型および小型の2車種)と速度を計測できる

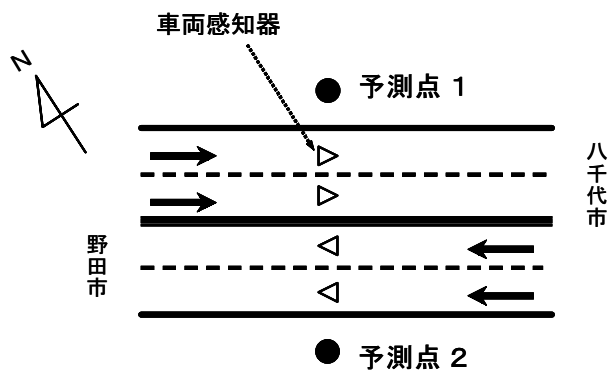


図-3 調査対象地点(地点)

車両感知器が設置されている。

車両感知器位置と同一断面上の道路の両側に騒音レベル予測点を設け(図-3)予測点における騒音レベルを積分型普通騒音計を用いて200ミリ秒間隔で24時間連続して測定した。また、騒音測定期間と同一期間の車両感知器データを用いて、2.で述べた方法によって各予測点での騒音レベルを1秒間隔で推計した。

(1) 10分間の等価騒音レベル

図-4に10分間の等価騒音レベル($L_{Aeq,10min}$)の推計値と実測値の経時変化を示す。実測値は200ミリ秒間隔の測定値を10分間ごとにパワー平均した値であり、推計値は1秒ごとの計算値を10分間ごとにパワー平均した値である。推計にあたっては、式(2)の係数として、 $a[\text{小型車類}] = 44.0$ 、 $a[\text{大型車類}] = 55.0$ 、 $b = 28.0$ 、 $C = -1.0$ とした。これらの係数は、地点の予測点1と予測点2において、 $L_{Aeq,10min}$ の実測値と推計値の残差平方和ができるだけ小さくなるように求めた値である。

図-4は地点の予測点1の結果である。全体的には、実測値と推計値の変動傾向は概ね一致している。図-5は、実測値と推計値の回帰分析である(データ数は24時間/10分=144)。実測の騒音レベルが71dB以上の場合には推計値が高めになり、71dB以下の場合には推計値が低めになる傾向がある。この傾向は、他の3つの予測点においても同様に見られた。原因としては、車種を2分類に限定していることなどが考えられる。図-5の結果は、本手法による推計値を同図中の回帰式を用いて調整することで推計精度の高めることができることを意味する。

表-1は、今回調査対象とした4カ所の予測点の

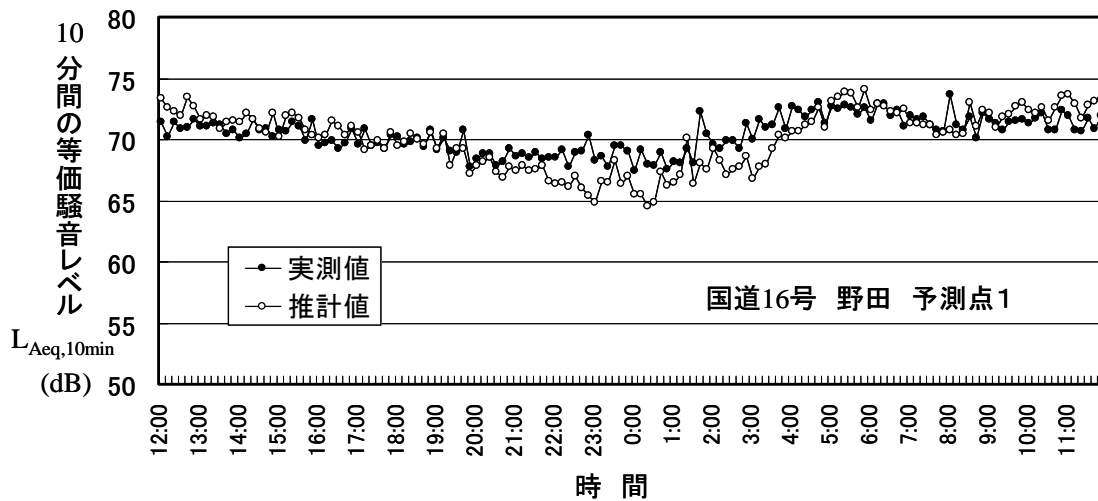


図-4 騒音レベルの実測値と推計値の経時変化(地点①、予測点1)

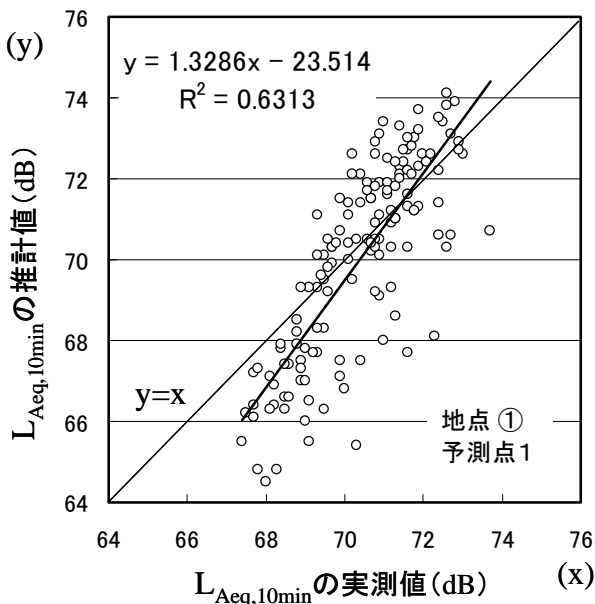


図5 騒音レベルの実測値と推計値の比較

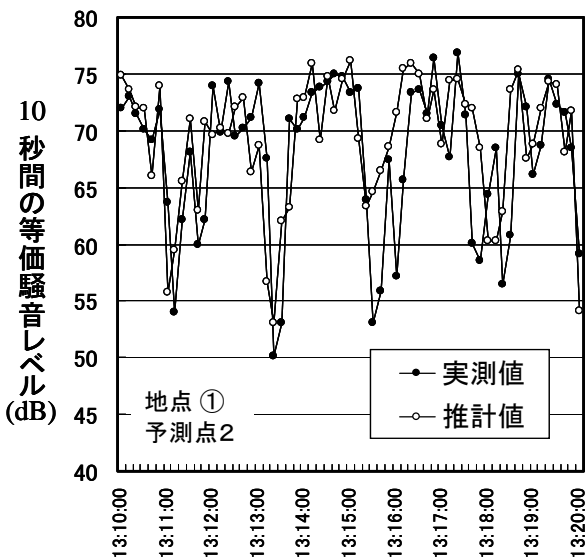


図-6 10秒間の等価騒音レベルの経時変化

表-1 $L_{Aeq,10min}$ の推計精度

| | | 決定係数 R^2 | RMS誤差(dB) |
|-----|------|------------|-----------|
| 地点① | 予測点1 | 0.631 | 1.57 |
| | 予測点2 | 0.614 | 1.62 |
| 地点② | 予測点1 | 0.639 | 1.53 |
| | 予測点2 | 0.550 | 1.32 |

推計精度である。前述したように式(2)の係数 a, b, C は地点①の実測値と推計値ができるだけ一致するように定めたものであるが、同じ係数値を使って推計した地点②の推計精度も地点①と大差ない。よって、本研究で示した係数 a, b, C の値は、他の地点においても適用である可能性が高い。

本手法のASJモデルと比較したときの特徴は、短い時間間隔の騒音レベルの推計が可能なことである。図-6に10秒間の等価騒音レベルの実測値と推計値を比較した例を示す。両者の変動傾向は概ね一致していることがわかる。

5. おわりに

信号交差点流入部付近など車の加減速が頻繁に生じる区間において、車両感知器データを用いて騒音レベルを推計する方法について研究を進める。

参考文献

- 1) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2003”、日本音響学会誌 60巻4号、pp.192-241、2004。
- 2) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ Model 1998”、日本音響学会誌 55巻4号、pp.281-324、1999。