

# 建物による回折・反射を考慮した道路交通騒音の簡易推定に関する研究

建設設計工学研究室  
指導教官

石川 幹夫  
宮木 康幸

## 1.はじめに

現在、自動車交通量は年々増加し、環境基準を超える場所も多く発生するなど道路交通騒音が問題となっている。

平成 11 年の環境基準改訂により、評価方法が時間率騒音レベルから等価騒音レベルに変更された。この騒音測定には多くの地点で長時間の測定を行わなければならない、多大な労力が必要となる。そこで、道路交通騒音の簡易推定が必要となっている。

## 2. 研究目的

昨年度までの道路騒音伝播予測モデルでは、建物の影響を全く考慮していなかった。しかし、実際の道路においては、建物が多く存在している。そこで、本研究では建物周辺においても道路交通騒音を予測できる騒音伝播モデルの開発を目的とする。

## 3.モデルの構築

### 3.1 モデルの概要

車両感知器から得られる情報と建物の位置情報をモデルへの入力情報と考え、モデルを構築した。図 1 にそのフローチャートを示す。

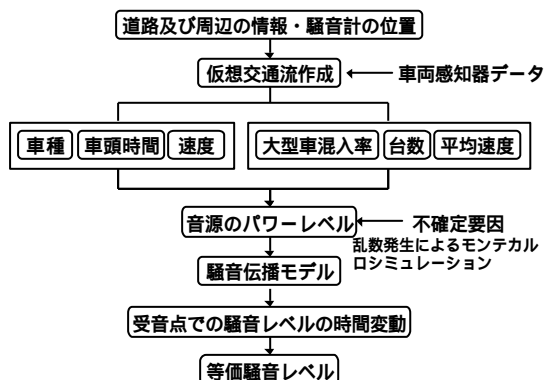


図 1 フローチャート

モデルでは、まず、車両感知器から得られる車種や速度や車頭時間の情報より、交通流を再現ま

たは仮想し、後述する方法で一台ごとの自動車のパワーレベルを求める。次に騒音の伝播による減衰を考慮し、交通流による受信点での騒音のオーバーオール値 (OA 値) の時間変動を求める。さらに、測定時間内で OA 値をエネルギー平均することにより、等価騒音レベルを求める。

### 3.2 交通流作成

交通流は各車の車種・車頭時間・速度から作成する場合 (再現交通流) と大型車混入率・台数・平均速度から作成する場合 (仮想交通流) を考えた。後者は各車の情報を必要としないため、前者よりも少ない情報からの予測となる。

### 3.3 音源のパワーレベル

自動車のパワーレベル算定には以下に示す音響学会式<sup>1)</sup>の(2)式を用いた。また、速度  $V$  は  $V < 140\text{km/h}$  とした。

(一般道路の非常走行区間)

$$10\text{km/h} < V < 60\text{km/h}$$

$$L_{WA} = A + 10 \log_{10} V \quad (1)$$

$L_{WA}$ : A 特性パワーレベル (dB)

A: 回帰係数

(自動車専用道路及び一般道路の定常走行区間)

$$40\text{km/h} < V < 140\text{km/h}$$

$$L_{WA} = B + 30 \log_{10} V \quad (2)$$

B: 回帰係数

また、回折減衰量は周波数ごとに異なるため、音源のパワーレベルを周波数ごとのバンドパワーレベルにして減衰を考慮しなくてはならない。音源のバンドパワースペクトルの算定には上記と同様に以下のような音響学会式<sup>1)</sup>を用いた。

$$L_{WA,i} = L_{WA} + L_i + L_{A\_weight,i} + L_{adj} \quad (3)$$

$L_{WA,i}$ :  $i$  番目の周波数における A 特性バンドパワーレベル [dB]  
 $L_{WA}$ : A 特性パワーレベル [dB]  
 $L_i$ :  $i$  番目の周波数における相対レベル [dB]  
 $L_{A\_weight,i}$ :  $i$  番目の周波数における A 特性補正值 [dB]  
 $L_{adj}$ : A 特性相対スペクトルのパワー合成を 0 とするための補正值である。

しかし、現実の交通では、車の速度が同じでもパワーレベルが同じであるとは限らない。そこで本研究では、上記(2)式で求めたパワーレベルを平均値とし、正規分布させてみることにし、モンテカルロシミュレーションにより 100 回分の等価騒音レベルを求め、その平均値と分布を調べることにした。

#### 4. 一台の車による伝播予測モデルの検証

伝播予測モデルの妥当性を確認するために次のような測定と検討を行なった。

##### 4.1 Case1

建物が一つあり、車がほとんど通らない場所で写真 1、図 2 のように騒音計を配置して、次のような騒音測定を行なった。

一台の車が近い車線を速度 60km/h で走行する場合と遠い車線を速度 50km/h で走行する場合の騒音測定を 10 回行なった。

この結果の一例を伝播予測モデルによる計算値と併せて図 3～図 6 に示す。

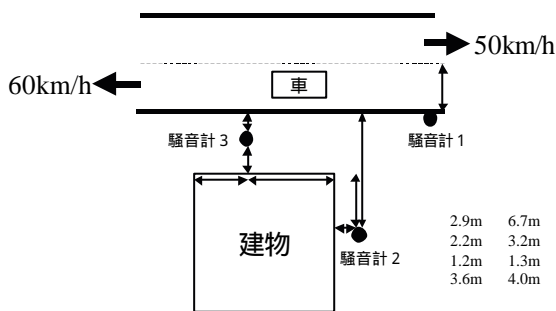


図-2 測定状況



写真 1 左から騒音計 1,2,3

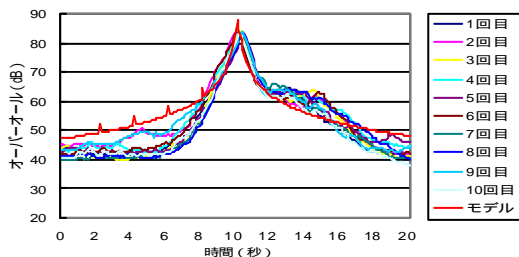


図 3 騒音計 1 OA の時間変動(近い車線)

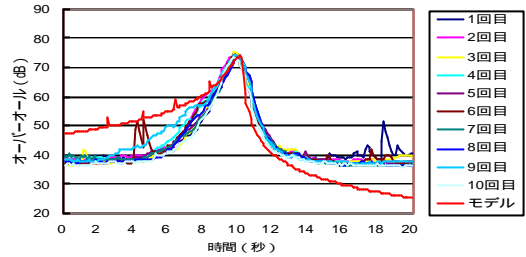


図 4 騒音計 2 OA の時間変動(近い車線)

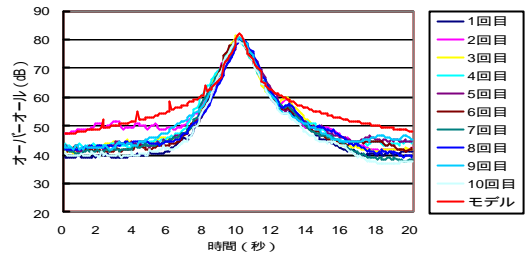


図 5 騒音計 3 OA の時間変動(近い車線)

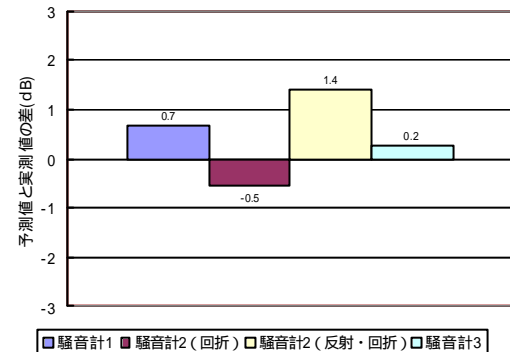


図 6  $L_{Aeq}$  の予測値と実測値の差 (近い車線)

図 3～図 5 に示すように OA 値の時間変動は車が騒音計の近傍前後 30m 程度を走行する場合によく一致しており、遠くなると差が現れるが、そのレベル差が 20dB 近くあり、最終的な等価騒音レベルには影響しないと考えられる。また、図 6 に示すようにモデルから得られる等価騒音レベルも実測値とよく似た値となった。なお、等価騒音レベルは車が騒音計の前を通過する前後 2 秒ずつの 4 秒間の値である。

Case1 に示す配置だけでは建物による反射・回折を考慮したモデルを検証したとはいえない。そこで、図 7～図 9 に示すような配置で Case2～Case4 についても、伝播予測モデルの検証を行なった。

## 4.2 Case2

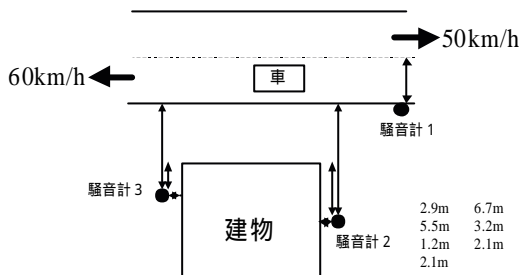


図 7 測定状況

## 4.3 Case3

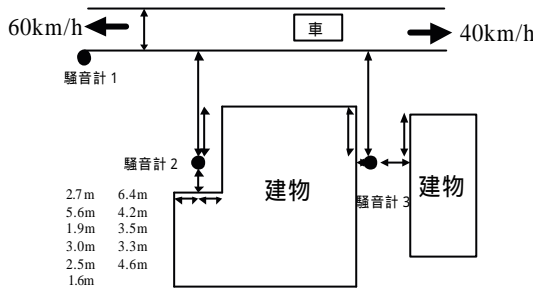


図 8 測定状況

## 4.4 Case4

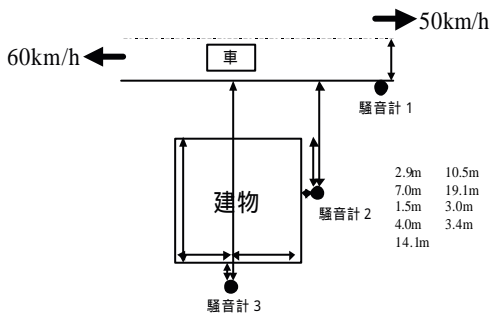


図 9 測定状況

その結果、Case2~4 についても予測値と実測値はよく似た値となった。また、建物の横に受音点がある場合は反射を考慮することなく回折のみを考慮した方がより実測値に近い値となった。

以上の結果より、本伝播予測モデル建物による回折・反射を再現することができたと考える。

## 4.5 建物周辺の Leq コンター図

本伝播予測モデルは三つまでの建物周辺の等価騒音レベルを予測できるので、建物周辺の等価騒音レベルコンター図の計算を行なってみた。

計算は一台の車が近い車線を速度 60km/h で走行する場合について行なったもので、その結果を図 10~図 12 に示す。

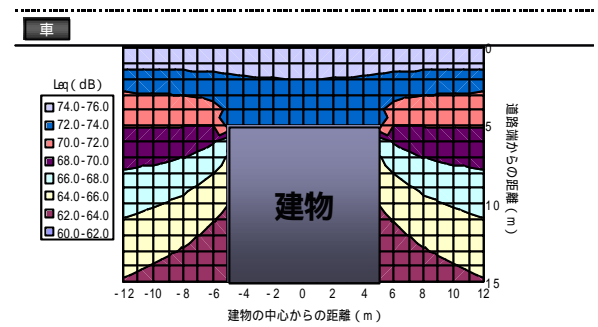


図 10 建物が一つの場合のコンター図

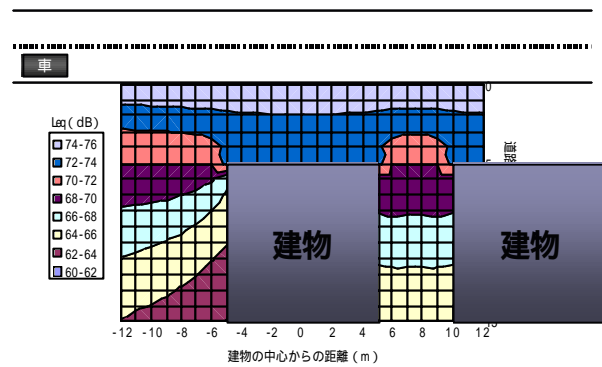


図 11 建物が二つの場合のコンター図

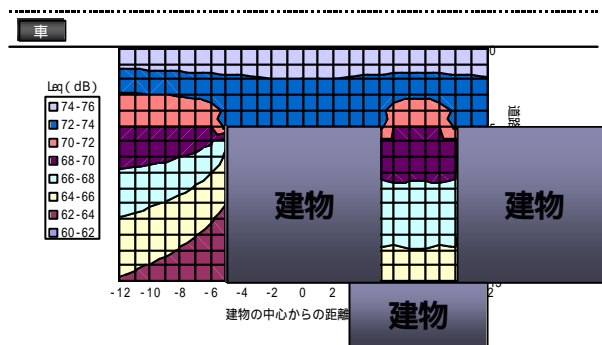


図 12 建物が三つの場合のコンター図

図 10~図 12 から建物の前では反射の影響により騒音は大きくなっている。建物が一つの場合、建物の横では回折の影響により騒音は小さくなっている。また、二つの建物で挟まれたところは反射の影響が大きく現れて建物が一つの場合よ

りも騒音がおおきくなっている。さらに、三つ建物で囲まれたところは二つの建物で挟まれたところよりも騒音は大きくなっている。これらの傾向は実際の騒音の状況をよく表現していると言え、本モデルの妥当性が高いことを示している。

## 5. 交通流による伝播予測モデルの検証

一台の車については予測することができた。しかし、実際に問題となる幹線道路などの交通流による騒音についても予測できなければならない。そこで、次のような測定を行なった。

### 5.1 Case1

図 13 のように騒音計 1,2,3 を配置して騒音測定を行なった。測定時間は 30 分間とした。再現交通流を作成するための情報（各車の車種・車頭時間・速度）はビデオから得ることにした。また、伝播予測モデルに入力する建物と騒音計の配置及び道路の情報は図 13 に示す ~ の値である。

この結果の一例を伝播予測モデルによる計算値と併せて図 14 ~ 図 17 に示す。

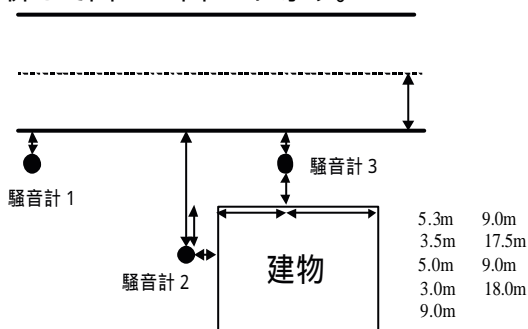


図 13 測定状況

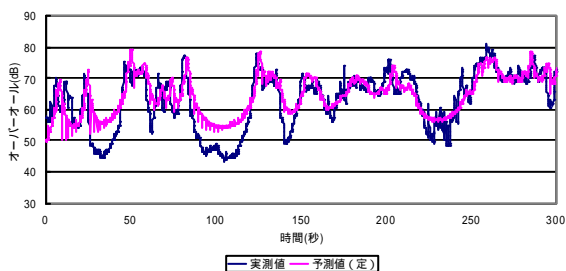


図 14 騒音計 1 OA の時間変動(開始 ~ 5 分)

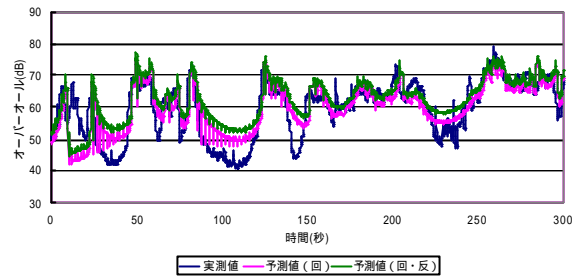


図 15 騒音計 2 OA の時間変動(開始 ~ 5 分)

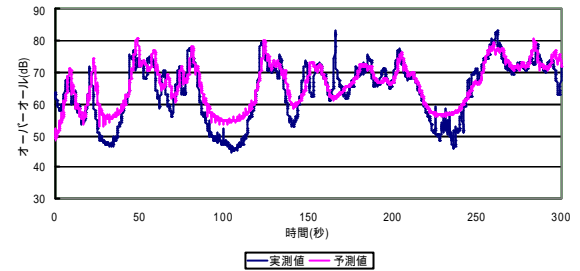


図 16 騒音計 3 OA の時間変動(開始 ~ 5 分)

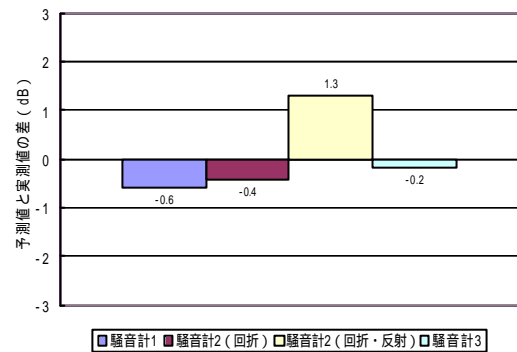


図 17  $L_{Aeq}$  の予測値と実測値の差

図 14 ~ 図 17 から各騒音計位置では、OA 値の時間変動と等価騒音レベルは実測値とよく似た値が得られており、本モデルの妥当性が検証されたと考える。

ここまでは、音源のパワーレベルを音響学会式 1) から求めた値を固定値として予測を行なったが、実際には同じ車種、速度においても音源のパワーレベルは異なることが考えられる。そこで、乱数を用いてパワーレベルを正規分布させることにより、同一車種・速度の自動車の音源のパワーレベルの変化の影響を調べることにした。

予測計算では、音源のパワーレベルを標準偏差 1, 2 dB で正規分布させて等価騒音レベルを予測した。これを 100 回繰り返し、予測値と実測値の差の分布を求め、音響学会式<sup>1)</sup>のままの場合と比較することにし、30 分間での予測と 5 分間での予測の結果をそれぞれ図 18, 図 19 に示す。

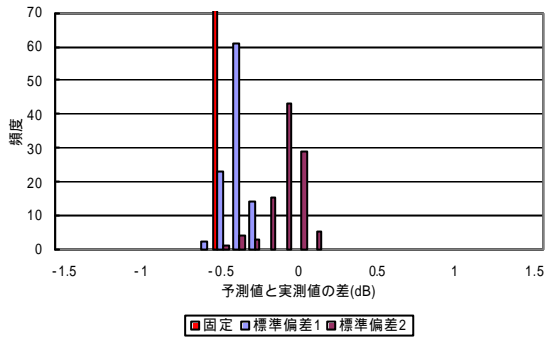


図 18 PWL の変動による  $L_{Aeq}$  の分布 (30 分間)

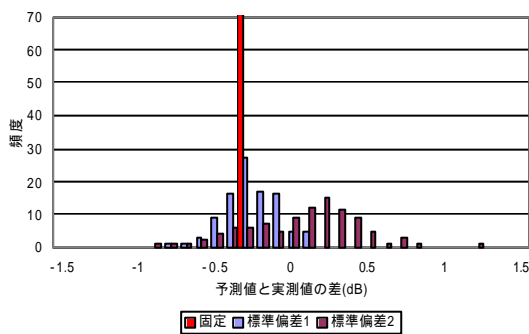


図 19 PWL の変動による  $L_{Aeq}$  の分布 (5 分間)

図 18, 図 19 より、音源のパワーレベルの変動の影響が小さいことがわかる。特に、30 分間程度の等価騒音レベルを予測する際には、音源のパワーレベルの変動の影響は小さいといえる。

このような検討を次に示す Case2, Case3 のように測定位置や建物の配置が異なる場合についても検討した。

### 5.2 Case2

図 20 と同様に測定を行なった。測定時間は 30 分間とした。

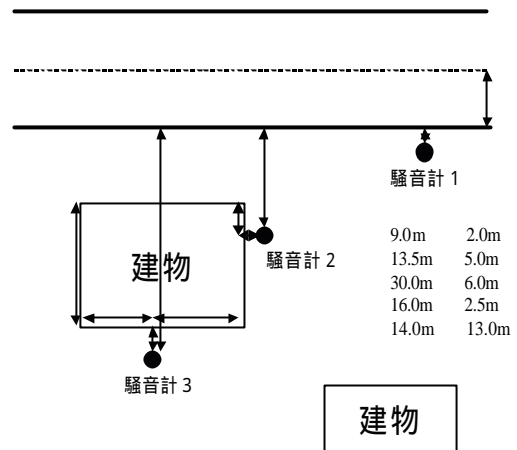


図 20 測定状況

### 5.3 Case3

図 21 のように騒音計 1, 2, 3 を配置し、Case1 と同様に測定を行なった。測定時間は 30 分間とした。

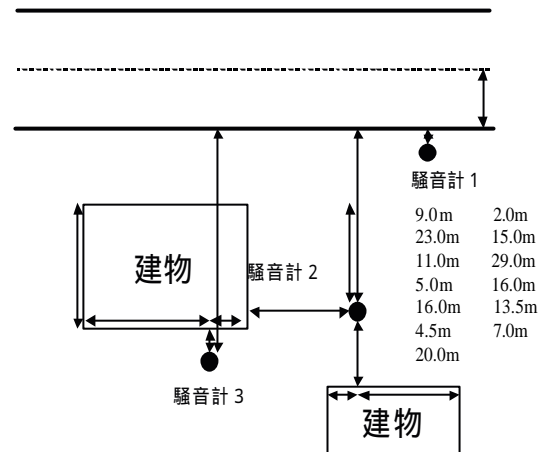


図 21 測定状況

Case2, 3 についても受音点が建物の横にある場合は実測値とよく似た値となった。しかし、建物の裏側では等価騒音レベルは 6dB 程度予測値の方が大きくなった。

また、音源のパワーレベルを分布させた場合については Case 1 で述べた結果と同様のことがいえる。

## 6. 仮想交通流を用いた場合の伝播予測モデルの適用

本伝播予測モデルは各車の車種・車頭時間・速度の情報が得られれば騒音を予測することができる。しかし、各車の車種・車頭時間・速度は車両感知器の付近のみの値であり、これらの情報を

用いることは車両感知器付近のみの予測しかできないことになる。さらに、車両感知器によっては各車の速度を得られないものもある。しかし、車両感知器では最低限大型車混入率と平均速度を得ることができるのが一般的である。そこで、大型車混入率と平均速度のデータだけを用いて本モデルによる予測計算を行なってみることにした。これは車両感知機設置位置付近だけではなく、そこから離れた位置での予測にも対応している。

そこで、再現交通流で計算した場合と大型車混入率と平均速度による仮想交通流で計算した場合について等価騒音レベルで比較することにした。

予測計算では、各車の音源のパワーレベルは音響学会式<sup>1)</sup>に平均速度を与えて固定値とし、各車の車種は乱数を発生させて決定した。本モデルでは各車の位置情報を必要とするため、車頭時間に各種の分布（一定、ポアソン分布、正規分布）を用いることにした。車頭時間としては、一定は測定時間を台数で割って各車を等間隔で配置した。ポアソン分布は  $\lambda = 1$  とした値を2倍した。正規分布の平均は一定の場合の値と同じとし、標準偏差は2秒とした。モンテカルロシミュレーションを100回行なって等価騒音レベルを求め、その結果を図22に示す。なお、実測値は幹線道路で騒音測定した値とする。

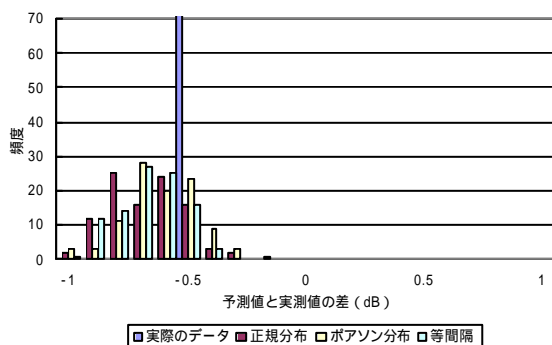


図 22  $L_{Aeq}$  の分布 (騒音計 1)

図 22 から仮想交通流からの予測値は再現交通流からの予測値とよく似ている。また、実測値と比較しても 1dB 以内である。

正規分布、ポアソン分布、等間隔で車を配置させても等価騒音レベルはほとんど同じに分布になる。すなわち、本モデルによる等価騒音レベルの予測では音源のパワーレベルと車の台数が重要であり、車の配置による影響は少ないといえる。

## 7. 結論

今年度の研究成果を以下に示す。

- ・ 受音点を一つの建物の前、右、左に配置した場合の予測値は実測値に近い値となった。また、建物と建物の間にある場合や3つの建物に囲まれた場合についても実測値に近い値となった。すなわち、本モデルは建物による回折・反射による音の伝播を再現でき、妥当である。
- ・ 本モデルでは、等価騒音レベル推定の時間を30分以上にすることにより、パワーレベルの変動を考慮することなく騒音を予測できる。そのため、短い時間で予測可能となる。
- ・ 大型車混入率・台数・平均速度から仮想交通流を作成し、騒音を予測することができる。そのため、車両感知器から離れた場所や限られた情報しか得られない場合においても適用できる。

今後の課題を以下に示す。

- ・ 受音点が建物と建物の間にある場合等について、幹線道路でさらに検討する必要がある。
- ・ 建物が道路の両側にある場合の騒音予測モデルを作成する必要がある。

## 参考文献

- 1) 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“ASJModel 1998”  
日本音響学会誌 55 巻 4 号