

## ◆ 報文 ◆

# 沿道の建物背後地における道路交通騒音の予測・評価方法

上坂克巳\* 木村健治\*\* 並河良治\*\*\* 大西博文\*\*\*\*

## 1. はじめに

平成10年9月に騒音に係る環境基準が27年ぶりに改定<sup>1)</sup>(以下「新環境基準」という)され、その評価指標は騒音レベルの中央値 $L_{50}$ から、等価騒音レベル $L_{Aeq}^{2)}$ (式(1)参照)に変更となった。改定のもう一つのポイントは、騒音の評価地点および評価方法の変更である。従来の道路端の特定地点における評価では不十分で、沿道市街地を対象とした面的評価(表-1参照)が必要となった。

以上の背景のもと、筆者らは、新環境基準に則り沿道市街地における道路交通騒音の予測・評価方法の開発<sup>3)~7)</sup>を進めている。環境アセスメントや既存道路における騒音対策の立案に活用するためである。本稿では、これまでの研究成果の概要について、特に対象道路が平面道路の場合を中心として報告する。

## 2. 騒音レベルの区間評価

### 2.1 面的評価の考え方と騒音推計の必要性

新環境基準における沿道の騒音レベルの面的評価の考え方を表-1に示す。

このような面的評価を騒音レベルの実測により行なうことは、測定点数が膨大となり現実にはほとんど不可能である。したがって、騒音レベルを推計する方法に頼らざるを得ない。その際の技術的課題は、市街地内における騒音の伝搬に大きな影響を及ぼす多数の建物の取り扱いである。建物は騒音を遮蔽あるいは散乱するため、それらの効果を求め、建物や建物群の背後における道路交通騒音を推計する必要がある。この時、まず問題とな

表-1 沿道の騒音レベルの面的評価の考え方

(「騒音に係る環境基準」<sup>1)</sup>より抜粋)

環境基準の達成状況の地域としての評価は、次の方法により行なるものとする。

道路に面する地域については、原則として一定の地域ごとに当該地域内の全ての住居等のうち、環境基準の基準値を超過する戸数及び超過する割合を把握することにより評価するものとする。

るのは従来の予測・評価地点の選び方である。

### 2.2 区間評価の必要性

従来、騒音レベルの評価は、ある地域の「代表地点」を選定し、その地点における騒音レベルを予測することにより行われてきた。しかし、道路端での騒音の予測・評価では可能であったこの方法は、建物群が立ち並ぶ沿道市街地では可能であろうか。簡単な例を用いて考えてみる。

図-1 ①のように、地方部等において複数の建物が十分な間隔をおいて立地している場合は、原理的には特定地点での騒音予測が可能である<sup>3),4)</sup>。一方、図-1 ②のように予測地点から音源を見通せないほど建物が密集すると、特定地点での騒音レベルの計算は事実上不可能に近い。これは第1に建物群による多重回折、散乱の影響を計算することが理論的に困難なこと、第2に計算に必要な建物の形状、表面性状を多数の建物を対象に調査、設定するのが現実的でないことによる。

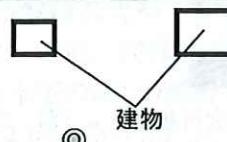
さらに、仮に特定地点での騒音予測ができたとしても、建物群背後の騒音レベルは予測地点位置により複雑に変化するため、予測・評価のための代表地点を選定することが困難である。したがって、評価地点を特定せずに評価区間全体の騒音の状況を代表できる指標が有効となる。

### 2.3 提案した区間評価指標

そこで、沿道市街地における騒音評価指標として、道路と平行な一定高さの評価区間の $L_{Aeq}$ のエネルギー平均値を用いることとし、それを区間平均等価騒音レベル(Spatially averaged equivalent continuous A-weighted sound pressure level,  $\overline{L}_{Aeq}$ )と呼ぶこととした。

①特定地点での予測計算が可能な場合

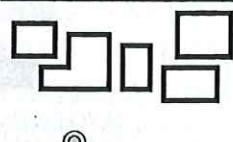
音源ライン



P 予測地点

②特定地点での予測計算が困難な場合

音源ライン



P 予測地点

図-1 特定地点での騒音予測の可能性

以下に、特定地点における騒音レベルの評価指標である等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  [dB] と、区間平均等価騒音レベル  $\overline{L}_{Aeq}$  [dB] の定義を示す。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \overline{L}_{Aeq} &= 10 \log_{10} \left( \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} 10^{L_{Aeq}(x)/10} dx \right) \\ &= 10 \log_{10} \left( \frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t, x)}{p_0^2} dt \cdot dx \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$t_1, t_2$  : 対象とする時間範囲の始まりの時刻、終わりの時刻

$x_1, x_2$  : 評価区間の始まりの点、終わりの点

$p_A(t, x)$  : 時刻  $t$ 、評価点位置  $x$  における A 特性音圧 [dB]

$p_0$  : 基準音圧 ( $20\mu\text{Pa}$ )

すなわち、 $L_{Aeq}$  の物理的意味は、評価地点が一定時間に受ける音のエネルギーを時間的に平均した場合の騒音レベルであるのに対し、 $\overline{L}_{Aeq}$  はさらにこれを空間的にも平均したものである。

さらに、建物群による減音効果を表す指標として、それらの有無による  $\overline{L}_{Aeq}$  の差である区間平均挿入損失 (Spatially averaged Insertion Loss,  $\overline{IL}_{builds.}$ 、式 (3)) を定義して用いることとした。

### 3. $L_{Aeq}$ の簡易計算方法

#### 3.1 基本的考え方

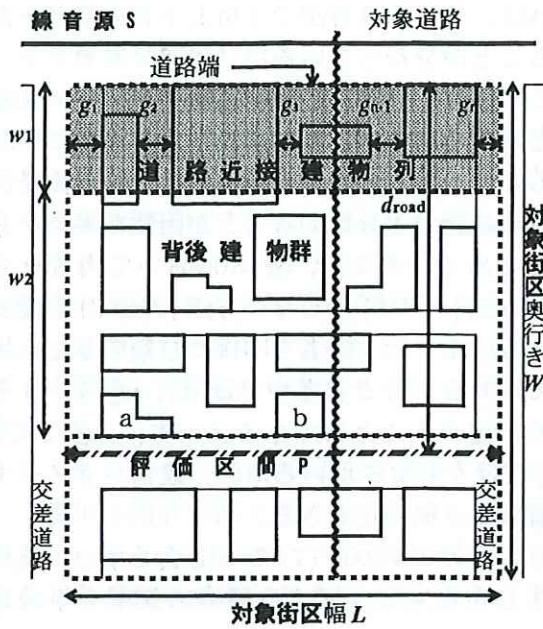
本章では区間評価の考え方沿って提案した計算方法について述べる。沿道市街地における建物群背後の  $\overline{L}_{Aeq}$  は、建物群が全くなないと仮定して計算される等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  (without builds.) から  $\overline{IL}_{builds.}$  を差し引いて求める。

$$\overline{L}_{Aeq} = L_{Aeq} (\text{without builds.}) - \overline{IL}_{builds.} \quad (3)$$

ここで、 $L_{Aeq}$  (without builds.) は、(社) 日本音響学会が提案する ASJ Model 1998<sup>8)</sup> を用いて求めることができる。

#### 3.2 沿道市街地のモデル化

$\overline{IL}_{builds.}$  を求めるにあたり、沿道市街地に予測・評価の対象となる街区 (以下、「対象街区」という) を図-2 のように設定した。次に、対象街区の建物群を、道路に直面する「道路近接建物列」とその背後の「背後建物群」に分類した。両者に分類した理由は、(1) 両者の騒音低減メカニズムが異なること、(2) 我が国では用途規制の差異等から両者の建物密度が大きく異なる場合があること、による。



※評価区間は対象道路と平行で、区間長は対象街区幅  $L$  と等しい。道路端～評価区間の水平距離を  $d_{road}$  と定義する。

図-2 沿道市街地のモデル化 (平面図)



写真-1 道路に面し隙間なく立ち並ぶ建物 (京都市祇園界隈)

道路近接建物列は、道路から市街地内へ伝搬する騒音を遮蔽する役割を有している。たとえば、写真-1 のような場合、建物はまさに巨大な遮音壁とみなせる。一方、背後建物群は市街地内へ伝搬した騒音を散乱させて減衰させる効果を有する。

#### 3.3 建物パラメータと $\overline{IL}_{builds.}$ の計算方法

道路から市街地に伝わる音は、建物群の間を伝搬するだけでなく、建物群の上方を越えても伝搬する。そこで、基本的には、図-3 に示す 3 つの騒音伝搬パスを考え、それらの音響エネルギーを合成することにより、 $\overline{IL}_{builds.}$  を求めることとした。この場合の計算方法も定式化されている<sup>5),7)</sup>が、ここではパス 1 の寄与だけを考慮した簡易計算方法<sup>6),7)</sup>について紹介する。これまでに検討を重ねた結果、評価区間の高さが建物の高さ以下で

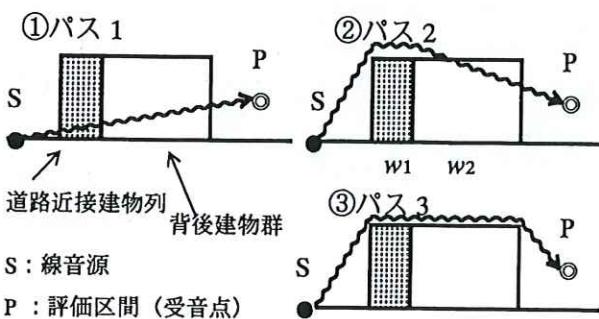
あれば、簡易計算方法で実用上十分な精度が得られることが分かっている。

この場合、計算に必要な建物パラメータは表-2 のとおりである。これらを設定する場合に問題となるのは、現実の沿道市街地では道路近接建物列と背後建物群を分類することが困難な場合があることである。そこで、表-3において両者を分類する方法(方法1)としない方法(方法2)を提案した。方法1では、両者を明確に分類できない場合においても、表-2に基づけば  $w_1, w_2, \alpha, \beta$  を一意的に定めることはできる。一方、方法2では、 $\beta_{all}$ だけを計算に用いるため、建物パラメータの調査はより簡略化できる。

なお、方法1の式(7)で  $\alpha$  を含む項は、道路で発生し市街地に伝搬する騒音の比率を単純に  $\alpha$  と考え、デシベル換算したものである。また、 $\beta$  を含む項は音響模型実験により得られた回帰式であり、 $\overline{IL}_{builds.}$  [dB] が  $\beta = 0$  のとき 0 になり、 $\beta = 1$  のとき無限大になるように配慮している。

#### 4. 現地調査

表-3で提案した2種類の方法による計算値と



- ① パス1：道路近接建物列の前面及び上面の隙間から入射し、背後建物群中を伝搬する音を表すパス
- ② パス2：背後建物群の上面の隙間から入射し、背後建物群中を伝搬する音を表すパス
- ③ パス3：道路近接建物列および背後建物群の上方を伝搬する音を表すパス

図-3 沿道市街地における音の伝搬パス

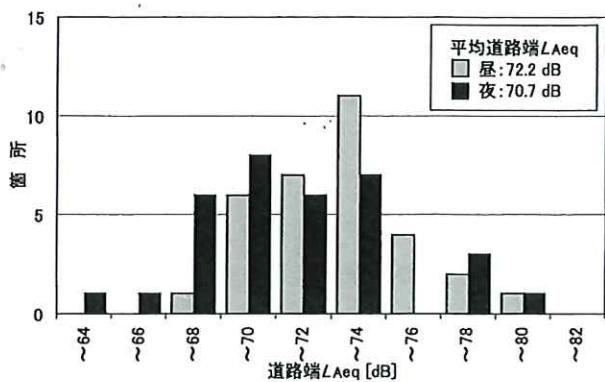
表-3  $\overline{IL}_{builds.}$  の簡易計算方法

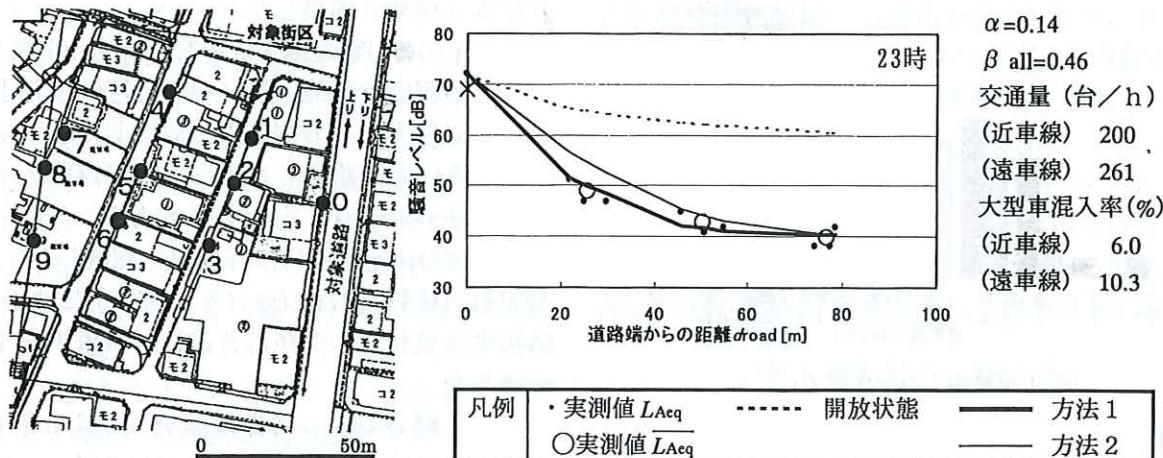
方法1		$w_1, w_2, \alpha, \beta$ のすべてを調査して設定する方法
		$\overline{IL}_{builds.} = -10 \log_{10} \alpha + 0.775 \beta / (1 - \beta)^{0.630} \times w_2^{0.859} \quad (7)$
(注) 表-2から明らかなように $w_1$ を設定しないと $w_2$ も設定できない。		
$w_1 = 15m$ (一定値)とした上で、 $\beta_{all}$ のみ調査して設定する方法		
方法2		$\overline{IL}_{builds.} = -10 \log_{10} \left( 1 - \sqrt{\beta_{all}} \right) + 0.78 \left\{ \beta_{all} / (1 - \beta_{all}) \right\}^{0.63} \times (d_{road} - 15)^{0.86} \quad (8)$
		$(d_{road} \geq 15 [m] \text{の場合})$
(注) 対象街区全体において建物の立地密度が均一と仮定すると、 $\alpha \approx 1 - \sqrt{\beta_{all}}$ が得られる。		

実測値との整合性を検証するため、平成11年度に全国の直轄国道の沿道市街地33箇所において現地調査を行った。地方別内訳(括弧内箇所数)は、北海道(4)、東北(3)、関東(3)、中部(8)、近畿(3)、中国(4)、四国(2)、九州(3)、沖縄(3)であった。騒音の実測調査は平成11年11月から平成12年2月に行った。なお、調査は旧建設省土木研究所交通環境研究室が提示した調査要領にしたがって地方建設局等が実施し、調査結果の分析、

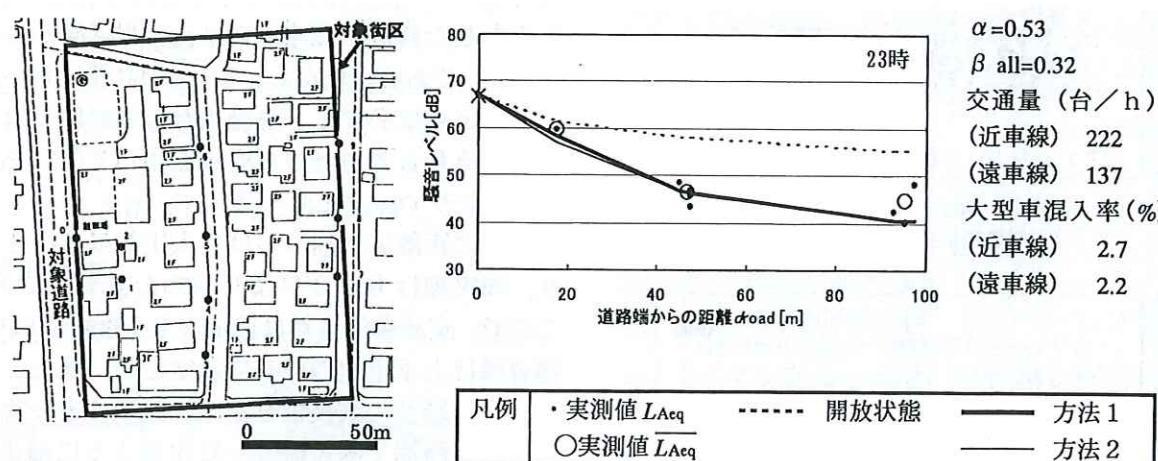
表-2 建物パラメータの定義

$w_1$	道路端から道路近接建物列の平均後面位置までの水平距離 [m]。ある建物の後面位置が道路端より15m以上の場合は、道路端より15mとして計算する。したがって、 $w_1 \leq 15$ となる。
$w_2$	道路近接建物列の平均後面位置から評価区間の直前の建物(図-2では建物a, bが相当する)の後面位置までの水平距離 [m]。背後建物群の奥行きを表す。
$\alpha$	道路近接建物列の間隙率。次式による。 $\alpha = \left( \sum_{i=1}^n g_i \right) / L \quad (4)$
$\beta$	$L$ は対象街区幅 [m] を、 $g_i (i = 1 \sim n)$ は道路近接建物列の $i$ 番目の建物間隔 (gap) を表す。 ここで、 $g_1, g_n$ は、評価区間の両端(一般的には、対象街区外周の交差道路の中心線)から最も近い建物側壁面までの距離を示す。また、 $g_2 \sim g_{n-1}$ は隣接する建物間の最短距離とした。
$\beta_{all}$	背後建物群の建物密度。次式による。 $\beta_{all} = \frac{A_2}{WL} \quad (5)$ $A_2 [m^2]$ は背後建物群中の建物の建築面積の和を表す。 $\beta$ は同一街区でも評価区間の位置 ( $d_{road}$ ) により異なる。 対象街区全体の建物密度。次式による。 $\beta_{all} = \frac{A_{all}}{WL} \quad (6)$ $W [m]$ は対象街区の奥行きを表す。 $A_{all} [m^2]$ は対象街区に存在する建物の建築面積の和を表す。 $\beta_{all}$ は同一街区では一つの値をとる。

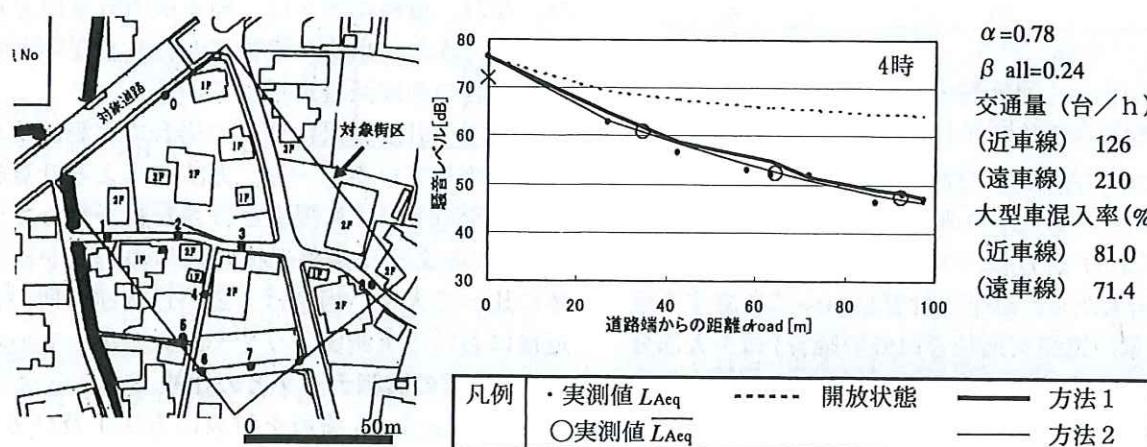


(a) 高密度で建物が立地。 $\alpha$  が特に小さい。

(b) 中密度で建物がほぼ均一に立地。



(c) 低密度で建物が不規則に立地。

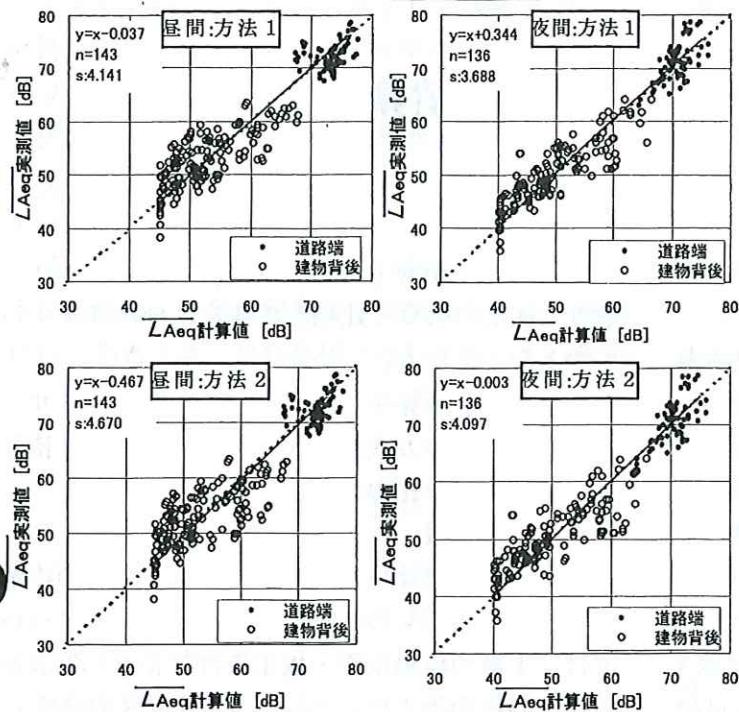
図-6 個別箇所における  $\overline{L_{Aeq}}$  の計算値と実測値との比較

の差のはらつきは小さい。

(3) 夜間が昼間に比べて計算値と実測値の差の  
はらつきは小さい。また、夜間における計算値と実測値の差の標準偏差は、方法1では3.7dBであり、道路端での同様の標準偏差(ASJ Model 1998<sup>8)</sup>で計算)の2.9dBをやや上回る程度であった。

## 6. まとめと今後の課題

沿道市街地における騒音レベルの評価指標として区間平均等価騒音レベル  $\overline{L_{Aeq}}$  を提案した。次に沿道市街地を道路近接建物列と背後建物群に分類したモデルを示し、平面道路を対象に両者の建物密度の差異を計算に反映する方法(方法1)とし

図-7 全 33 箇所における  $\overline{L}_{Aeq}$  の計算値と実測値との比較

ない方法(方法2)を示した。さらに全国33箇所における現地調査結果と計算結果を比較した結果、方法1の方がやや計算精度が高いものの、広範な沿道地域での騒音レベルのマクロ評価には、方法2も十分活用できることが分かった。

現在は、表-1に示した環境基準の面的評価を目指し、GISデータの活用が容易な方法2と、沿道の住居戸数や人口密度のデータベースをリンクさせる方法の検討を行っている。これができるれば、沿道の騒音レベル別暴露住居戸数・人口の算出も容易になり、地域・全国レベルの戦略的な騒音対策プログラムの立案を支援できると考えている。

なお、盛土や高架道路における計算方法も提案している<sup>5),7)</sup>が、現場の利用者から簡易化の要望が高く、簡易計算式の検討も併せて行っている。

## 謝辞

本研究にあたり多大なご指導を賜った京都大学高木興一名誉教授に心から感謝の意を表します。

現地調査に御協力頂き、貴重なデータを提供していただいた建設省(現国土交通省)の各地方建設局(現地方整備局)、北海道開発局及び沖縄総合事務局の方々に対し厚く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 騒音に係る環境基準について、平成10年9月30日付環境庁告示第64号、1998.
- 2) 上坂克巳：等価騒音レベル( $L_{eq}$ )について、土木技術資料38-10、1996.
- 3) 上坂克巳、大西博文、三宅龍雄、高木興一：幹線道路に面した単独建物後方の騒音レベルの計算方法、騒音制御、23卷3号、pp.189-199、1999.
- 4) 上坂克巳、大西博文、三宅龍雄、高木興一：道路に直面した単独建物及び建物列後方における等価騒音レベルの簡易計算方法、騒音制御、23卷6号、pp.430-440、1999.
- 5) 上坂克巳、大西博文、千葉隆、高木興一：道路に面した市街地における区間平均等価騒音レベルの計算方法、騒音制御、23卷6号、pp.441-451、1999.
- 6) 上坂克巳、木村健治、大西博文、千葉隆、高木興一：平面道路に面した市街地における区間平均等価騒音レベルの簡易計算方法、騒音制御、25卷4号、pp.233-242、2001.
- 7) 上坂克巳、木村健治、並河良治、大西博文：沿道市街地における道路交通騒音の予測・評価方法に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、第2号、2001.
- 8) 道路交通騒音の予測モデル“ASJ Model 1998”，日本音響学会誌、55卷4号、pp.281-324、1999.

上坂克巳\*



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室主任研究官、工博  
Dr. Katsumi UESAKA

木村健治\*\*



同 環境研究部道路環境研究室研究官  
Kenji KIMURA

並河良治\*\*\*



同 環境研究部道路環境研究室長  
Yoshiharu NAMIKAWA

大西博文\*\*\*\*



同 道路研究部道路研究官、工博  
Dr. Hirofumi OHNISHI