

騒音環境基準を遵守可能な幹線道路の交通量の簡易計算法について*

On a Simplified Calculation Method of Arterial Traffic Volume to Meet the Japanese Environmental Quality Standard for Noise Annoyance*

渡辺義則**・寺町賢一***・牧田晃介****

By Yoshinori WATANABE**・Kenichi TERAMACHI ***・Kousuke MAKITA ****

1. はじめに

北九州市の幹線交通を担う道路では、昼間（6 時～22 時）・夜間（22 時～6 時）の 2 時間帯ともに自動車騒音の環境基準を満たしている区間は約 38%しかない（点的評価）¹⁾。その為、自動車騒音への対応を検討することは、現在でも、社会的に重要である。そこでは、I) 複雑な道路構造区間などを対象としてコンサルタンツなど騒音の専門家が業務として検討する、II) 概略（道路区間を比較的簡単な構造に置換えて）の検討でよいから、一般の土木技術者が単独で、あるいはまた、市民と一緒に、道路騒音への対応方針を探る、場合が考えられる。前者の場合には、高価であっても、パーソナルコンピュータのソフトウェアが利用できる。しかし、後者の場合には、費用をかけずに、その対応方針を探ることができ、かつ、その根拠を感覚的に理解しやすい簡易な手法が必要となるが、その様な手法は未だ提案されていない^{注1)}。

そこで本研究では、適用範囲は自動車が定常的に走行する時の都市内の道路沿いの騒音に限られるが、

I) 一般の土木技術者や市民が感覚的に理解し易い、
II) 電卓があれば数式と図を使って簡単に計算できる、
III) どのような減音対策を採れば、沿道のどの範囲で騒音環境基準を遵守できるかが一目で分かる、という要件を備えた手法を提案することを目的とした。

より具体的にいえば、「感覚的に理解し易い指標」として、本研究では、「交通量」を採用した。一般の土木技術者や市民には、騒音レベル（単位はdB）よりも理解し易いと思うからである^{注2)}。また、簡便性を実現する

計算法としては、基本となる条件を決め、その条件下で騒音環境基準を遵守できる小型車類¹⁾（乗用車と小型車）の時間交通量（以後、小型車類換算交通量と仮称）を与え、着目する地点の現実の諸条件でこれを補正する方法を採る。ここで言う、現実の諸条件とは、大型車混入率、車両平均速度、騒音環境基準の違い、騒音対策の有無などに関するものである。この様に、本研究では、騒音環境基準を遵守できる小型車類の時間交通量（小型車類換算交通量）で騒音環境容量を表わす。更には、地点だけではなく、騒音環境基準を遵守できる沿道範囲も一目で分かる様に、代表的な道路構造に対して、騒音環境容量をコンターでも表現する。

2. 等価騒音レベルの簡易予測式の精度

等価騒音レベルを予測できる式が、交通量を含む幾つかの変数で表されていれば、その式を使って騒音環境容量を求めることができ、簡便性が担保される。既に、著者らは、音が幾何減衰すると仮定すれば、無限長まで開放された平坦部直線道路区間（通常舗装）の場合、等価騒音レベル（ L_{eq} ）は、理論上、次式で表されることを報告した²⁾。なお、次式で示される等価騒音レベルと説明変数の関係は、文献 3 の参考資料 3 の式(R3.10)のそれと一致する。

$$L_{eq}=L_{B1}+L_{B2}+2.6-10\log(V \cdot D) \quad \dots (1)$$

$$L_{B1}=30\log V+11.1+10\log Q \quad \dots (2)$$

$$L_{B2}=10\log \{4.5A+(1-A)\} \quad \dots (3)$$

V: 車両平均速度(km/h)

Q: 時間交通量(台/h)

A: 大型車混入率

D: 音源と観測点間の距離(m)

そこで、音源を上下車線の 1 地点に仮定し（cf.後掲の図-5）、時間交通量・大型車混入率・車両平均速度については上下車線を合計した実測値を用いて、式(1)から算出した等価騒音レベルの予測値と、その実測値を比較し、この予測式の精度を調べた。

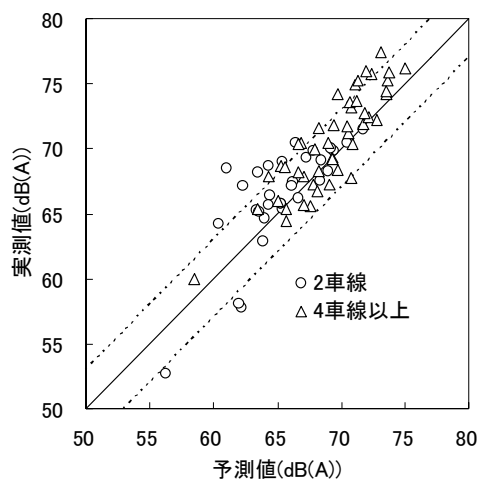
なお、ここで言う実測値とは、文献 4 で報告されて

*キーワード: 交通公害 道路計画 環境計画 交通容量

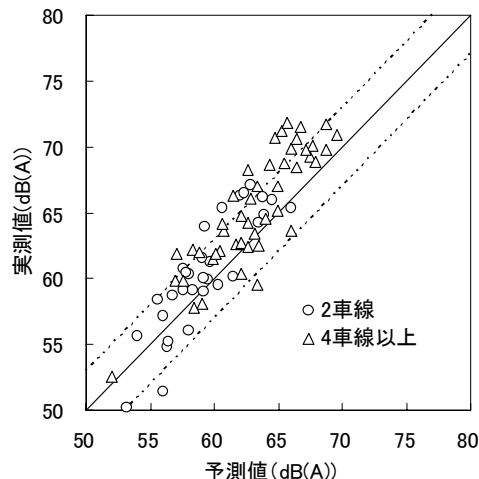
*2 正員 工博 九州工業大学大学院工学研究院建設社会学系（福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1、TEL093-884-3108）

*3 正員 工博 九州工業大学大学院工学研究院建設社会学系

*4 工修 旭化成建材（株）



(a) 昼間



(b) 夜間

図-1 等価騒音レベルの予測値と実測値の比較（通常舗装）

表-1 等価騒音レベルの予測値と実測値の差

時間帯	道路の車線数	標本数	差の平均 (dB(A))	標準偏差 (dB(A))
昼間	2車線	31	-1.1	2.6
	4車線以上	47	-1.3	1.9
	全体	78	-1.2	2.2
夜間	2車線	31	-1.1	2.3
	4車線以上	47	-2.1	2.2
	全体	78	-1.7	2.3

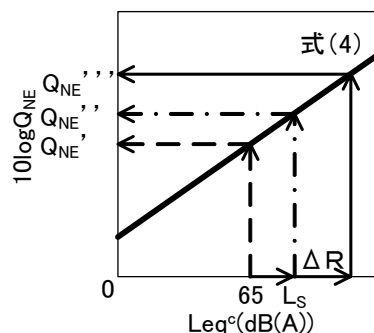


図-3 着目地点の騒音環境容量

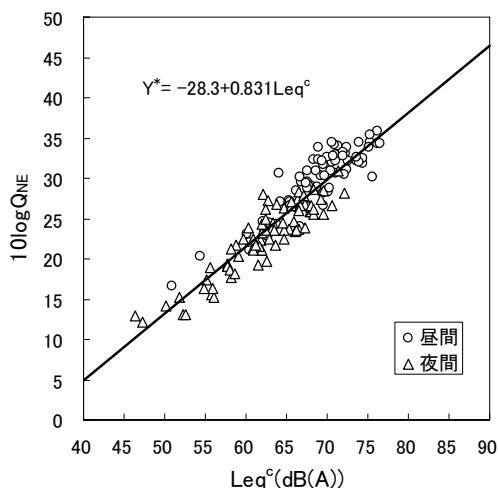


図-2 等価騒音レベルと小型車類換算交通量の関係

いる値^{注3)}を、昼間（6時～22時）・夜間（22時～6時）の各時間帯について、以下の要領で加工したものである。

1) 等価騒音レベル：1時間毎1日に渡って測定した値を昼間・夜間の各時間帯についてパワー平均して求めた。

なお、1時間毎の測定時間は10分間である。また、騒音の測定位置は歩道端（官民境界）で高さ1.2mであるので、無限長まで開放された平坦部直線道路区間として等価騒音レベルを予測した。

2) 交通特性：1時間毎1日に渡って車線別・車種別に測定し、その測定時間は10分間である。

①時間交通量：昼間・夜間の各時間帯で測定された10分間総交通量を1時間に換算した。

②大型車混入率：車種（大型車・小型車）別交通量から求めた。

③車両平均速度：1時間毎の上下車線別車両平均速度を、その交通量で昼間・夜間の各時間帯に渡って加重平均した。

次に、通常舗装の道路について、以上の要領で求めた交通特性を式(1)～(3)に代入して算出した等価騒音レベル（予測値）とその実測値を比較して図-1に示す。なお、図中の実線は実測値と予測値が一致する場合を表す。また、実線から±3dBの範囲を点線で示した。

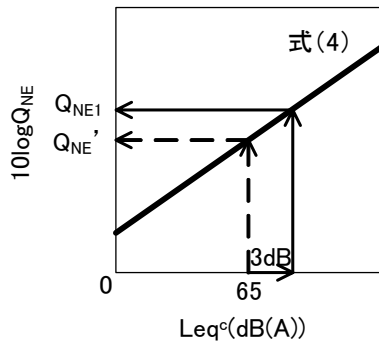


図-4(a) 音源と観測点の距離と騒音環境容量

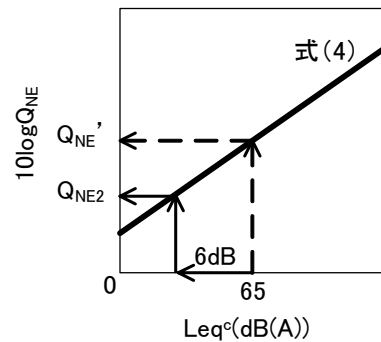


図-4(b) 車両平均速度と騒音環境容量

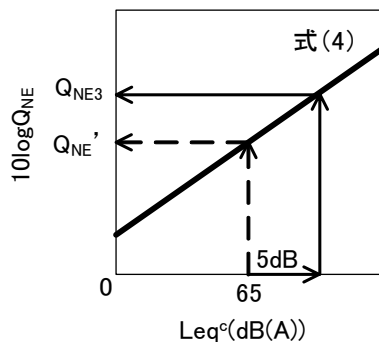


図-4(c) 騒音対策と騒音環境容量

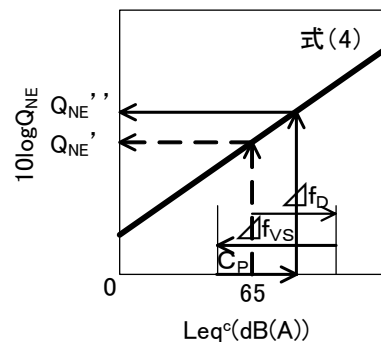


図-4(d) 様々な条件で補正した騒音環境容量

更に、予測値と実測値の差（予測値－実測値）の平均値と標準偏差を表-1に示す。これらの結果から、式(1)～(3)で等価騒音レベルを比較的精度良く予測できるものの、全体での平均で、実測値の方が昼間 1.2dB、夜間 1.7dB ほど予測値を上回ることが認められた。それゆえ、本研究では、3. で紹介する様に、等価騒音レベルと小型車類換算交通量の関係を回帰分析で直接求め、騒音環境容量をより精度良く算出できる様にした。

3. 着目地点の騒音環境容量

(1) 等価騒音レベルと小型車類換算交通量の関係

騒音環境容量の算出に、等価騒音レベルと騒音に関する小型車類換算交通量との関係式を使用する。ただ、現実に入手可能な等価騒音レベル⁴⁾は、車両平均速度、観測点と音源間の距離の違い等、様々な条件で測定されたものである。両者の関係を一面的にするには、同一条件での等価騒音レベルと小型車類換算交通量の関係を求める必要がある。いま、実測した等価騒音レベルを Leq^M とし、そして、 Leq^M を車両平均速度を 40km/h、観測点を音源から 6m 離れた位置に換算した等価騒音レベルを Leq^C とすると、 Leq^C と小型車類換算交通量 Q_{NE} の関係(図-2)は、次式のような回帰直線で表される。なお、この時、等価騒音レベルと車両平均速度 V 、時間

交通量 Q 、大型車混入率 A 、音源と観測点間の距離 D などとの関係は、等価騒音レベルの簡易予測式(式(1)～(3))をもとにして決めた。また、等価騒音レベルや交通特性などの実測値として、2. で示した要領で求めたものを使用した。

$$Y^* = -28.3 + 0.831 Leq^C \quad \dots (4)$$

(標本数 156、相関係数 0.93)

$$Y^* = 10 \log Q_{NE} \quad \dots (5)$$

$$Q_{NE} = Q \{ (1-A) + E_N \times A \} \quad \dots (6)$$

$$Leq^C = Leq^M + \Delta R \quad \dots (7)$$

$$\Delta R = \Delta f_D - \Delta f_{VS} + C_P \quad \dots (8)$$

$$\Delta f_D = 10 \log (D/6) \quad \dots (9)$$

$$\Delta f_{VS} = 20 \log (V/40) \quad \dots (10)$$

E_N ：騒音に関する大型車類の小型車類換算係数

C_P ：騒音対策などによる減音量(dB(A))

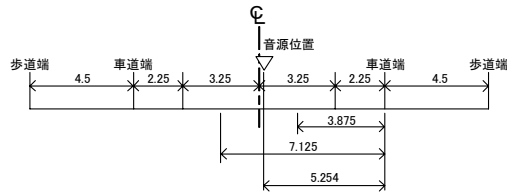
なお、 E_N の値には 4.5 を用いた²⁾。この値は大型車類と小型車類のパワーレベルの差から算出している。

(2) 着目地点の騒音環境容量の算出方法

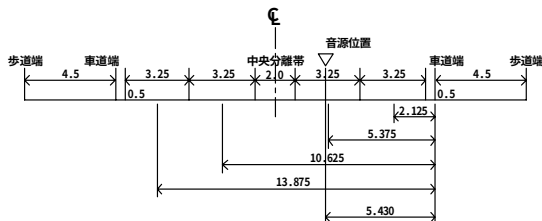
式(4)～(10)と図-3,4 を用いて、着目地点の騒音環境容量算出の考え方を説明する。本研究では、基本となる条件を ($D=6m$ 、 $V=40km/h$ 、 $C_P=0$ 、 $L_s=65dB(A)$) とする。 L_s は着目地点の騒音環境基準である。着目地点が基本となる条件を満たす場合は、まず、式(7)に Leq^M

表-2 基本となる条件と異なる時の騒音環境容量の変化

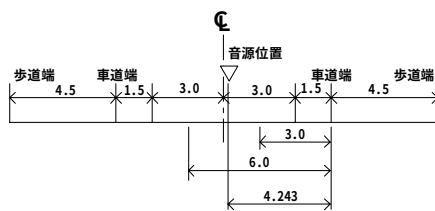
	基本となる条件と異なる所	補正量		騒音環境容量	
		ΔR (dB(A))	使用する式	増減	対応する図
CASE1	D=12m	$\Delta f_b=3.0$	(8)(9)	増加	図-4(a)
CASE2	V=80km/h	$\Delta f_{vs}=6.0$	(8)(10)	減少	図-4(b)
CASE3	騒音対策有り	$C_p=5.0$	(8)	増加	図-4(c)



(a) 幹線道路 2 車線



(b) 幹線道路 4 車線



(c) 補助幹線道路 2 車線

図-5 道路の横断面構成と音源位置

$=65$ 、 $\Delta R=0$ を代入して Leq^C を求め、次に、この Leq^C を式(4)に代入すると、着目地点の騒音環境容量が求められる(図-3中の Q_{NE})。環境基準 L_S が異なっても同様である($Leq^M = L_S$ 、 $\Delta R=0$ 、図-3中の Q_{NE})。他の条件も異なる場合には、それを式(8)~(10)に代入して ΔR を求め、 $Leq^M = L_S$ とともに式(7)に代入して Leq^C を求める。この Leq^C を式(4)に代入すると、着目地点の騒音環境容量が求められる(図-3中の Q_{NE})。

着目地点の環境基準が 65dB(A)の場合について、図-4と表-2で、より具体的に、以上のことを説明する。

(CASE1) 音源と観測点間の距離 D が遠くなる場合

条件(D=12m、V=40km/h、 $C_p=0$)の場合、式(9)より $\Delta f_b=3.0$ (dB(A))である。距離 D が遠くなるので騒音環境容量は大きくなる(図-4(a)中の Q_{NE1})。

(CASE2) 車両平均速度 V が速くなる場合

条件(D=6m、V=80km/h、 $C_p=0$)の場合、式(10)より $\Delta f_{vs}=6.0$ (dB(A))である。車両平均速度 V が速くなる

ので騒音環境容量は小さくなる(図-4(b)中の Q_{NE2})。

(CASE3) 騒音対策により減音した場合

条件(D=6m、V=40km/h、 $C_p=5$ (dB(A)))の場合、式(8)より $\Delta R=5.0$ (dB(A))である。低騒音舗装や遮音壁の設置などの騒音対策により、騒音環境容量は大きくなる

(図-4(c)中の Q_{NE3})。

(CASE4) 距離が遠く、速度が速く、対策がある場合

条件が(D=12m、V=80km/h、 $C_p=5$ (dB(A)))となる場合には、図-4(d)のようになる。

なお、CASE1~3で述べた内容を一覧表にして表-2に示す。

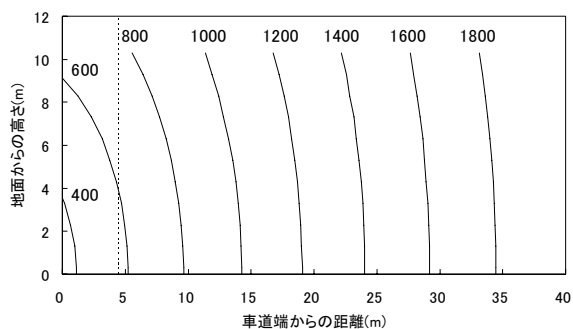
4. 沿道の騒音環境容量

(1) 基本となる条件下での騒音環境容量のコンター

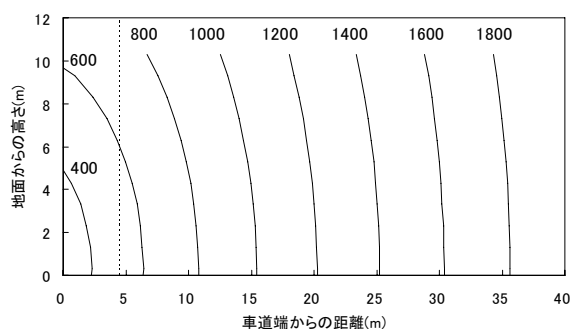
本研究では、沿道の騒音環境容量を取り扱う時の、基本となる条件を、騒音環境基準が 65dB(A)、交通流は小型車類だけで構成され、車両平均速度は 40km/h、道路の横断面構成は、幹線道路 2 車線で幅員 20 m(図-5(a))、幹線道路 4 車線で幅員 25 m(図-5(b))、補助幹線道路で幅員 18 m(図-5(c))とした⁵⁾。また、音源は FWHM の方法⁶⁾に準拠して、図-5に示すように上下車線間の 1 点に仮定している。

基本となる条件下での騒音環境容量を、道路断面が平面の場合と車道端に壁がある場合の2通りについて算出した。平面・幹線道路4車線と補助幹線道路2車線を図-6に、壁有り(壁の高さ1、2、3m)・幹線道路4車線と補助幹線道路2車線を図-7,8に示す。図中のコンターの数値は小型車類換算交通量であり、その値以下であれば、騒音環境基準が達成されることを意味する。なお、歩道端は車道端から4.5mの所に位置し、図中に点線で示す。また、図-7,8中の右上がりの破線は音源と壁の頂点を通る直線である。

なお、コンターの算出方法は次のとおりである。まず、道路断面が平面の場合には、3.(2) (CASE 1)と同様である。つまり、基本となる条件(D=6m、V=40km/h、 $C_p=0$ 、 $L_S=65$ dB(A))と異なるのは、音源と観測点間の距離Dが様々変わることだけであるので、式(7)に $Leq^M=65$ 、 $\Delta R=\Delta f_b$ を代入した式と、式(4) (5)から、 Q_{NE} とDの関係を表す式(11)が求められる。

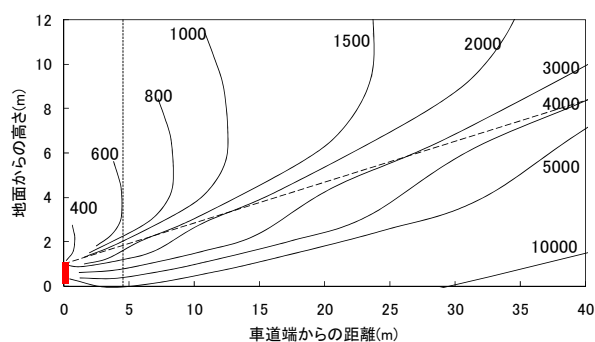


a) 幹線道路4車線

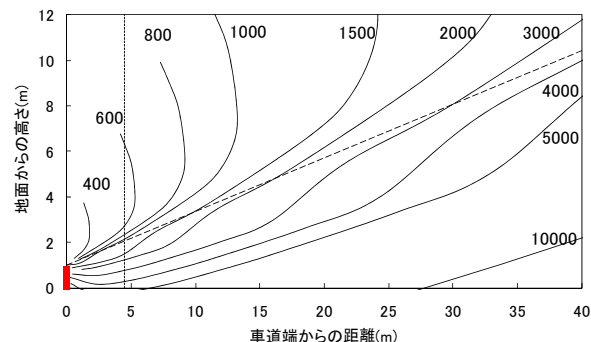


b) 補助幹線道路2車線

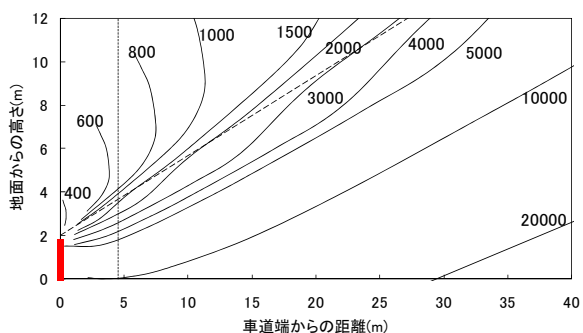
図-6 基本となる条件下での騒音環境容量(平面)



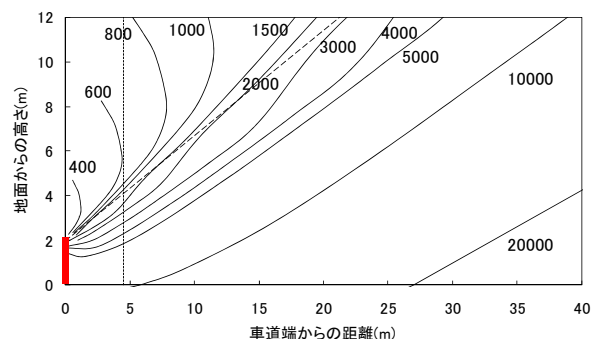
a) 壁の高さ 1m



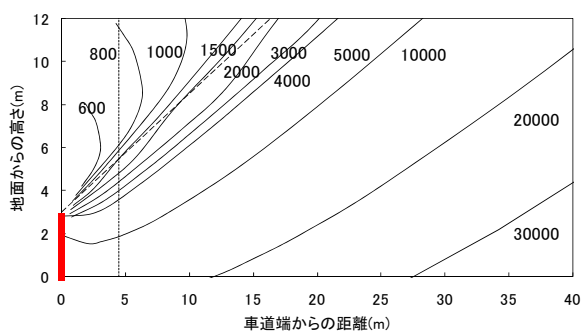
a) 壁の高さ 1m



b) 壁の高さ 2m

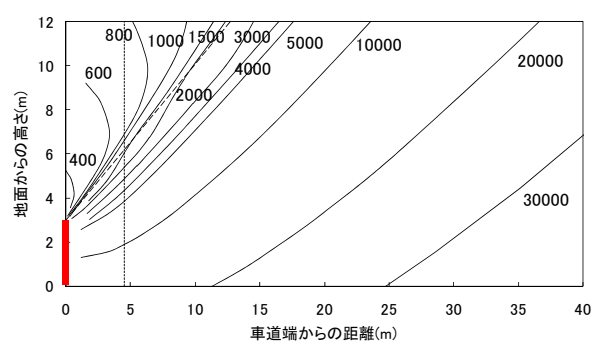


b) 壁の高さ 2m



c) 壁の高さ 3m

図-7 基本となる条件下での騒音環境容量
(壁有・幹線道路4車線)



c) 壁の高さ 3m

図-8 基本となる条件下での騒音環境容量
(壁有・補助幹線道路2車線)

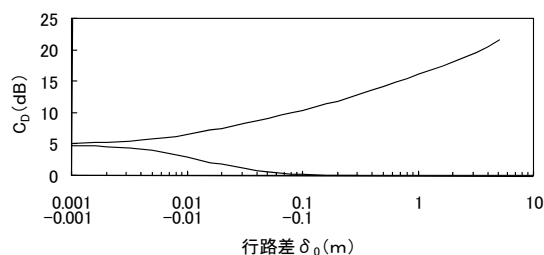


図-9 無限長の壁を設置した場合の補正項 C_D

表-3 車両平均速度と C_1 の値

車両平均速度 (km/h)	Δf_{VS} (dB(A))	C_1
40	0	1
50	1.9	0.690
60	3.5	0.510

$$10\log Q_{NE} = -28.3 + 0.831(65 + 10\log(D/6)) \cdots (11)$$

車道端に壁がある場合でも同様に考える。ただ、距離 D だけではなく、壁による減音量 C_D (つまり、 $C_P = C_D$) を考慮しなければならないので、式(7)に $Leq^M = 65$ 、 $\Delta R = \Delta f_D + C_D$ を代入した式と、式(4) (5)から、

$$10\log Q_{NE} = -28.3 + 0.831(65 + 10\log(D/6) + C_D) \cdots (12)$$

C_D は車道端に無限長の壁を設置した場合の等価騒音レベルの減音量を示し、図-9の曲線で表せる²⁾。なお、 C_D は行路差 δ_0 の関数であるので²⁾、所定の Q_{NE} に対応する式(12)中の地点は距離 D で、かつ、行路差 δ_0 という条件を満たす様に決める。ここで、 δ_0 とは、車両が着目地点の正面に到着した時の行路差（車両と着目地点の間に壁が存在する場合とそうでない場合の音の伝播経路の差）である²⁾。

(2) 実際の道路区間の諸条件への対処方法

実際に着目する道路区間は、基本となる条件と異なることが多い。そこで、基本となる条件と異なる場合は、以下のような補正を行う必要がある。

a) 車両平均速度や騒音環境基準の違いによる補正

車両平均速度あるいは騒音環境基準が基本となる条件と異なると、速度では $-\Delta f_{VS}$ 、環境基準では $L_s - 65$ ほど、式(7)の Leq^C の値は変化する。(cf. 3(2)の説明、図-3、図-4(b)(d))。この変化量 (単位は dB) に等価な Q_{NE} の変化率は、式(4)(5)を利用して求められる。それが式(13)と式(14)である。

$$\log C_1 = -0.0831 \Delta f_{VS} \cdots (13)$$

$$\log C_2 = 0.0831(L_s - 65) \cdots (14)$$

L_s : 環境基準(dB(A))

式(13)(14)から求められる C_1 または C_2 (cf. 表-3, 4)、

表-4 騒音環境基準と C_2 の値

地域の区分		時間の区分	
		昼間	夜間
A地域のうち 2車線以上	環境基準	60dB(A)	55dB(A)
	C_2	0.384	0.148
B地域のうち 2車線以上 及びC地域	環境基準	65dB(A)	60dB(A)
	C_2	1	0.384

表-5 排水性舗装を施工した場合の通常舗装からの減音量と C_3 の値

車両平均速度 (km/h)	減音量 (dB(A))	C_3
40	2.4	1.585
50	2.7	1.691
60	3.0	1.783

場合によっては両方の値を、図-6~8中の各コンターに付された数値に掛けることで、実際の条件下での騒音環境基準を遵守可能な小型車類換算交通量（騒音環境容量）を求めることができる。

b) 騒音対策実施による補正

着目する区間に排水性舗装に代表されるような、騒音対策が実施されている場合がある。この時には、式(15)より算出される C_3 の値を、図-6~8中の各コンターに付された数値に掛けることで、実際の条件下での騒音環境容量を求めることができる。

$$\log C_3 = 0.0831 C_P \cdots (15)$$

式(15)中の C_P は騒音対策により期待できる減音量である。ここでは一例として、排水性舗装について紹介する。着目する区間に排水性舗装が施工されている場合、以下の式より減音量 ΔP を算出できる³⁾。

$$\Delta P = 3.5 \log V - 3.2 \cdots (16)$$

式(16)に速度 $V = 40, 50, 60$ (km/h) を代入して得られる減音量 ΔP と、更に、それを式(15)中の C_P に代入して算出した C_3 を表-5示す。

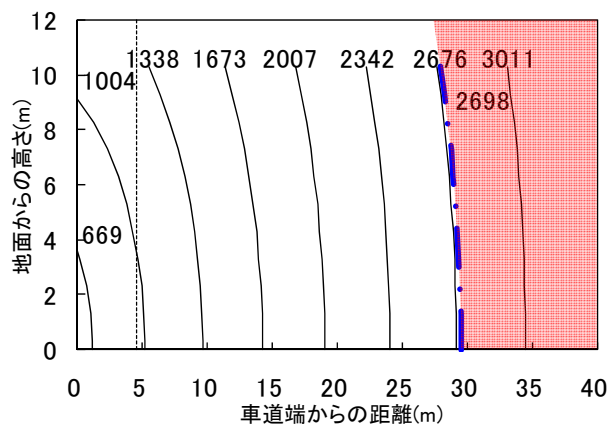
c) 大型車類の混入による補正

この場合は、上記の4.(2)a)b)と方法が異なる。着目する区間の時間交通量 Q_C と大型車混入率 A_C が与えられるので、これから大型車が混入した時の Q_{NE} を、次式で求める。

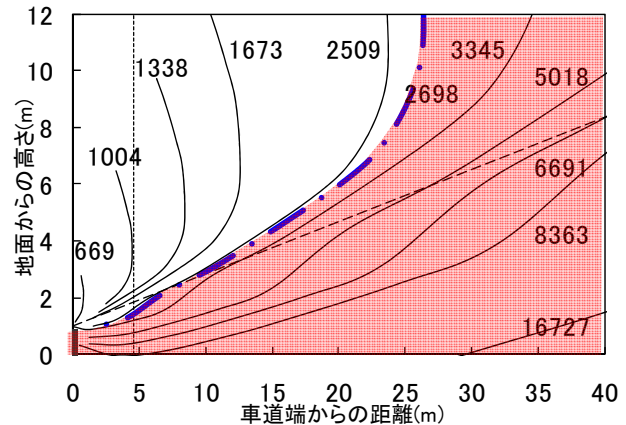
$$Q_{NE} = Q_C \{(1 - A_C) + 4.5 \times A_C\} \cdots (17)$$

式(17)から着目する区間を通過する小型車類換算交通量を求めて、図-6~8やそれを実際の条件で補正した騒音環境容量と比較する。

なお、厳密には、壁による回折減衰がある場合には、大型車類の小型車類換算係数は行路差 δ_0 の関数である



(a) 平面



(b) 壁の高さ 1m

図-10 区間番号 1028 における騒音環境容量

表-6 区間番号 1028 の交通関係実測データ (昼間)

交通量 Q_c (台/h)	大型車混入率 A_c	車両平均速度 V_c (km/h)
1825	0.137	52.2

2)。ただ、実質的に騒音が問題になるのは、壁の影響がない地点か、あるいは、音源と壁の頂点を結んだ線付近の地点である。更に、幹線交通を担う道路の歩道端（官民境界）での騒音環境基準超過量はほぼ9dB(A)（ δ_0 で約0.05mに相当）以下であり¹⁾、これが壁に期待される減音量のほぼ最大値と考えて良い。つまり、実質的に騒音が問題になる地点の小型車類換算係数は4.5～5.1の範囲にあると考えられる²⁾。このことと、検討時に沿道の各地点の δ_0 が必要となれば簡便性が落ちることもあり、本研究では、遮音壁の有無にかかわらず大型車類の小型車類換算係数を4.5と仮定した。

5. 適用例

本章では適用例として、道路環境センサス⁴⁾に記載されている83の道路区間の中から任意に1区間を抽出し、4.で述べた要領で「昼間」の時間帯について、自動車騒音への対応を検討する。表-6に抽出した区間（区間番号1028）の交通関係の実測データを示す。なお、この区間は国道で4車線の幹線道路であるので、横断構成は図-5(b)を用いる。また、騒音環境基準 L_s は70dB(A)で検討する。

(1) 着目する区間を通過する小型車類換算交通量

着目する区間で実測された交通量 Q_c (台/h)および大型車混入率 A_c (cf.表-6)を式(17)に代入して小型車類換算交通量を求めると、 $Q_{NE}=2698$ となる。つまり、着目

する区間では、昼間の時間帯（6時～22時）で測定された総交通量を1時間当たりの小型車類に換算して、2698台が走行している。この交通から発生する自動車騒音への対応を検討する。

(2) 着目する区間の実際の条件下での騒音環境容量

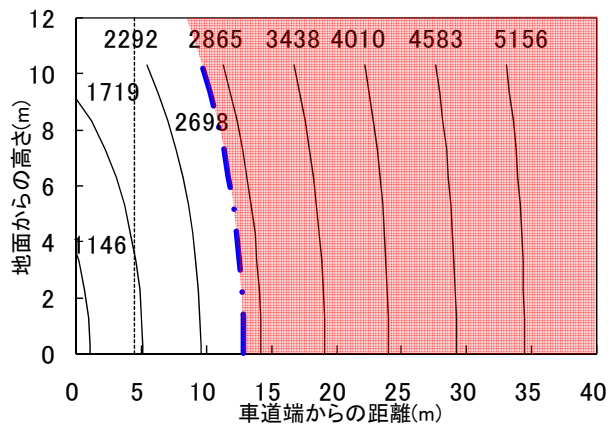
次に、基本となる条件下の騒音環境容量について、着目する区間の実際の条件で補正を行う。いま、基本となる条件下での騒音環境容量のコンターとして、平面について図-6(a)、壁有り(壁の高さ1m)について図-7(a)を選んだとする。

基本となる条件 ($V=40$ km/h、 $C_p=0$ 、 $L_s=65$ dB(A))と着目する区間の実際の条件($V=52.2$ km/h、 $C_p=0$ 、 $L_s=70$ dB(A)、cf.表-6)で、異なるのは、車両平均速度 V と騒音環境基準 L_s である。そこで、車両平均速度の違いによる補正値は式(13)より、また、環境基準の違いによる補正値は式(14)より、それぞれ算出すると $C_1=0.643$ 、 $C_2=2.603$ を得る。

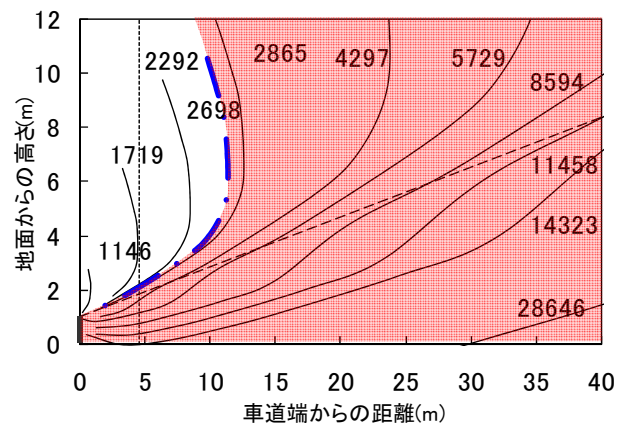
この C_1 、 C_2 を図-6(a)、7(a)の基本となる条件下の騒音環境容量（図中の各コンターに付された数値）に掛けした結果を、平面については図-10(a)に、壁有り(壁の高さ1m)については図-10(b)に示す。図-10が着目する区間（区間番号1028）の実際の条件下での騒音環境容量である。

(3) 自動車騒音の現状評価

図-10(a)から、平面の場合には、車道端から約30m以上離れないと、環境基準を遵守できないことが認められる。一方、図-10(b)から、高さ1mの壁がある場合には、環境基準を遵守できる範囲は大幅に増加するが、道路近くの上空で環境基準を遵守できない所が残る。



(a) 平面



(b) 壁の高さ1m

図-11 区間番号1028における騒音環境容量(排水性舗装施工時)

(4) 自動車騒音への対応

a) 通常舗装を排水性舗装にした場合

5.(3)の現状評価で自動車騒音の対応が必要と判断され、騒音対策として通常舗装を排水性舗装に交換することを採用した場合について検討する。着目する区間(区間番号1028)に排水性舗装が施工された場合、式(16)に車両平均速度 $V=55.2$ km/h(cf.表-6)を代入して、 $\Delta P=2.8$ (dB(A))の減音効果 C_P が期待できる。よって、式(15)から $C_3=1.713$ を得る。

C_3 の値を図-10の騒音環境容量に掛けることで、騒音対策(排水性舗装)を施した場合の騒音環境容量を算出できる。その結果を平面については図-11(a)、壁有り(壁の高さ1m)については図-11(b)に示す。図-11から、騒音対策(排水性舗装)を施しても、環境基準を遵守出来ない所が残る。

この場合、壁を更に高くする、環境施設帯の設置等、他の騒音対策も検討する必要がある。勿論、交通制御(交通量削減、速度規制、大型車通行規制)による対応も考えられるが、当該道路区間は国道で、市内でも重要な幹線道路であることを考えれば、その様な方法が採られる可能性は少ないと判断する。

b) 歩道端で環境基準を遵守するために必要な減音量

5.(4)a)の様に騒音対策が与えられるのとは逆に、歩道端(官民境界)で環境基準を遵守するために必要な減音量を算出する方法を述べる。

図-10(a)から平面の歩道端では、地表面から高さ1.2m以下付近の騒音環境容量が最も小さい。そこで、歩道端・高さ1.2m(幹線4車線道路、音源からの距離10.0m)で環境基準を遵守するために必要な減音量 C_P を以下のように算出する。式(4)~(10)から、

$$C_P = (10 \log Q_{NE} + 28.3) / 0.831 - (Leq^M + 10 \log(D/6) - 20 \log(V/40)) \quad \dots (18)$$

この式に $Q_{NE}=2698$ 、 $Leq^M=70$ (dB(A))、 $V=55.2$ (km/h)という着目する区間の条件を代入し、 D に歩道端の位置を示す10.0(m)を代入すると C_P は5.9(dB(A))となる。

一方、図-10(b)から、高さ1mの壁がある場合の歩道端では、地表面から高さ3.9m付近の騒音環境容量が最も小さい。車道端に壁がある場合には、既に、コンターに壁の減音量 C_D が考慮されているので、追加の C_P の算出には式(19)を用いる。

$$C_P = (10 \log Q_{NE} + 28.3) / 0.831 - (Leq^M + 10 \log(D/6) - 20 \log(V/40) + C_D) \quad \dots (19)$$

歩道端・高さ3.9m(幹線4車線道路、音源からの距離10.6m、行路差 $\delta_0=-0.27$ なので $C_D=0$)で環境基準を遵守するために必要な減音量 C_P を、式(19)に Q_{NE} 、 Leq^M 、 V は平面の場合と同じ値を、そして、 $D=10.6$ m、 $C_D=0$ を代入して算出すると、 C_P は5.7(dB(A))となる。

6. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめて示す。

- 1) 車両平均速度を40km/h、音源から観測点までの距離を6mに補正した等価騒音レベルと騒音に関する小型車類換算交通量の関係を式(4)で表した。
- 2) 着目地点の騒音環境容量の算出方法を、式(4)~(10)と図-3、4で提案した。
- 3) 着目する区間の沿道の騒音環境容量の算出方法を提案した。具体的には、まず、基本となる条件下での、平面・壁有で、幹線道路4車線及び補助幹線道路2車線の騒音環境容量を図-6~8に示した。
- 4) 着目する区間の諸条件が基本となる条件と違う場合の補正方法を式(13)~(17)に示した。
- 5) 適用例として、北九州市内の主要幹線道路(区間番号1028)に対して、「昼間」の騒音環境容量を図-10に

示した。更に、騒音対策（排水性舗装）を施した場合の騒音環境容量を図・11 に示した。この場合でも歩道端（官民境界）で環境基準を遵守できなかった。

謝辞：本研究に対してご助力いただいた九州工業大学工学部 浦 英樹氏に感謝します。

（注 1） 本研究では、等価騒音レベルとその簡易予測式に含まれる説明変数の関係を用いて、騒音実測値を補正し、式(4)を求めている。それ故、ここでは等価騒音レベルの簡易計算法に関する既往研究を紹介する。等価騒音レベルの予測計算においては、道路上を1台の自動車が走行した時の予測点における騒音の時間変化の積分値を、コンピュータで求めることが前提である³⁾。従って、簡易計算法では、その積分値を式や図で算出可能にする工夫が必要である。

文献 3、7 では、単純条件下（直線道路で音の回折や地表面効果を無視してよい場合）の式が示された。著者らも、文献 2、8～11 で幾つかの式や図を示した。両者で共通するのは、1)単純条件下での式は一致する、2)自動車のパワーレベルの変化を更新している、3)排水性舗装にも適用可能なことである。更に著者らの方法では、壁や家並みによる遮音等も考慮できる。本研究は、この様な既往研究の延長上にあり、簡易予測式より良い精度を持ち、環境基準からの超過やその場合の騒音対策の有効性を感覚的に理解し易い簡便な手法の開発を試みている。

（注 2） 指標として交通量を使用した理由は、1)市民と一緒に道路騒音への対応方針を探る時、市民にはdBという単位は分かり難い。例えば、市民にとって、騒音対策個々または総合の減音効果を、それと等価な車の台数（交通量）の減少で説明された方が、dB値の減少で説明されるより感覚的に理解し易い、2)土木技術者にも、交通量の方がdBより馴染み深い。例えば、道路の特徴を表す代表的な指標である交通量は、道路新設や交差点改良などに関連して、多くの道路区間で測定されている。そのデータと本論文の3、4、を使えば、道路環境センサより詳細に都市の騒音状況が把握できる。また、道路の疎通能力を表す交通容量を検討する機会も多いが、それと騒音環境容量の大小も判断が付き易い、3)交通量ならば高価な計測器が不要で、いつでも誰でも測定できる。状況を容易に確認・把握できるという性質は指標として望ましい、と考えるからである。

（注 3） 文献 4 で報告されている値の内、本研究では北九州市全域の 78 箇所の道路区間の値を使用した。これらの値の計測場所は、国道 20、県道 46、市道 12（市道の内 2 車線は 4）で、その 95%が環境基準適用時には「幹線交通を担う道路」に該当する。また、舗装は密粒アスファルト舗装で、道路を走

行する車と騒音観測点の間に、音の伝播に障害となる物はない。交通・騒音調査は、調査当時の建設省と土木研究所が作成した「道路環境センサ調査要領」に準拠している。その方法を要約すると、1)計量法の条件に合格した普通騒音計を使用、2)平日で、雨天時及び特異日でない日に測定、3)毎正時から10分間測定し（指示値の動特性はfast）、等価騒音レベルを算出、4)測定位置は官民境界でマイクロホンの高さは1.2m、5)交通量は騒音と同時に測定し、車種はナンバープレートで分類、6)騒音測定時間帯の走行状態を代表する車両を上下線別に10台選び、既知距離(50m～100m)を通過する時間から車両平均速度を算出。

参考文献

- 1) 渡辺義則・立石亮祐・寺町賢一：都市全域の幹線沿道での騒音軽減対策としての二層排水性舗装の有効性に関する一考察—北九州市を対象にして—,日本都市学会年報 v10.41, pp.127～133,2008.
- 2) 渡辺義則・寺町賢一・江崎俊文・浦英樹：駐車車両による遮音を利用したの道路近傍の等価騒音レベルの低減について,交通工学,Vol.40 No.6,pp.58～67,2005.
- 3) 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.
- 4) 北九州市建設局：道路環境センサ騒音測定調査業務委託報告書,1997～2000.
- 5) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用,丸善,1983.
- 6) T.M.Barry・J.A.Reagen：FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model, Federal Highway Administration FHWA—RD—77—108,1978.
- 7) 佐々木實・橘秀樹：エネルギーモデルによる道路交通騒音の予測について,日本音響学会騒音研究会資料,N87013,1987.
- 8) Y.Watanabe：A Calculation Method of Noise Propagating Over Various Ground Surfaces from Random Traffic Flow, Proceedings of the 15th International Conference on Noise Control Engineering,pp.1281～1286,1986.
- 9) 渡辺義則・角知憲・菊永昌洋・田中浩一郎：自動車定常走行時の道路交通騒音の一簡易推定法,土木学会論文集,第 389号/IV-8,pp.75～82,1988.
- 10) 渡辺義則・喜洲淳哉：荷重関数に基づく道路交通騒音のための等価騒音レベル簡易計算法,交通工学,Vol.25 No.3, pp.9～16,1990.
- 11) 渡辺義則・隈清悟・寺町賢一・浦英樹・楨田剛平：舗装の違いを考慮可能な道路騒音の等価騒音レベルの簡易計算法について,土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.2,2002.

騒音環境基準を遵守可能な幹線道路の交通量の簡易計算法について

渡辺義則・寺町賢一・牧田晃介

北九州市の幹線道路で昼・夜間ともに自動車騒音の環境基準を満たす区間は 38%で、騒音への対応は現在でも重要である。本研究では、土木技術者が単独で、また、市民と一緒に騒音への対応を探れる様に、環境基準を遵守可能な幹線道路の交通量を簡易に計算できる方法を提示する。現実には対象地点の条件は様々で、車両平均速度・大型車混入率・環境基準も異なるし、車道端に壁が存在する場合もある。そこで、(1) 諸要因に対して基本となる条件を定め、その時の騒音環境容量、(2) 現実の諸条件への対処方法を各々示す。適用例として、4 車線の国道を対象に、壁を車道端に設置・低騒音舗装などの対策を施せば、騒音の環境基準を遵守可能な沿道の範囲はどの様に変化するかについて示した。

On a Simplified Calculation Method of Arterial Traffic Volume to Meet the Japanese Environmental Quality Standard for Noise Annoyance

By Yoshinori WATANABE, Kenichi TERAMACHI and Kousuke MAKITA

Road traffic noise is still serious problem in urban area. Speaking of 95 observation points near arterial roads in Kitakyusyu, only 38% of them are less than the Japanese Environmental Quality Standard for noise annoyance. Therefore in this paper, a simple method for calculating arterial traffic volume to meet JEQS under various conditions is proposed. Using this method, one can consider following factors : (1) mixture of heavy vehicles, vehicle speed and distance from road, (2) a noise barrier mounted on edge line, (3) other noise abatements, (4) various values of JEQS. Applications of this method are also presented using a typical section of four-lane national road in Kitakyusyu.
