

論文

道路交通騒音予測のためのコンピュータ・シミュレーション手法に関する研究

白井清嗣 浅井哲 高山孝

(大気保全部)

要 旨

都内、特に都心部における道路周辺状況は、多くの場合、複雑な道路構造を有するとともに沿道には様々の高層建築物等が林立している。筆者らは、このような道路周辺状況下での都市型道路に適用できる騒音予測手法として、コンピュータ・シミュレーション手法の検討を行ってきた。モンテカルロ法を用いて交通流をシミュレートし、道路構造や音響障害物等種々の周辺状況下における騒音伝播計算方法については、すでに発表されている各種の計算式を応用し組み合わせることにより本システムを構築した。また、本システムを用いて具体的に実施可能な道路騒音対策を実施した際の減音効果の算出を試みた。本システムは、道路騒音低減化対策を検討し推進していくうえで、有効なシステムとして十分に活用し得ると思われる。

1 はじめに

新規に道路を建設したり、既存の道路に騒音対策を行う場合には、道路交通騒音の予測が不可欠である。一般に、道路交通騒音の予測を行う際には、いわゆる日本音響学会による道路交通騒音予測式が用いられる。しかし、都内特に都心部の道路においては、単純な道路構造のもとで一様に連続していることはむしろまれであり、沿道の建築物等も複雑に並んでいることが通常である。このような複雑な道路周辺状況下では、前記学会式の適用条件にあてはまらない。一般に複雑な道路周辺状況下における騒音予測手法としては、模型実験手法及びコンピュータ・シミュレーション手法等があげられる。模型実験手法による予測手法については、前報までに報告し一応の実用化を図ったところである。今回は、都市型道路の騒音予測に供し得るコンピュータ・シミュレーション手法について検討した。

本報では、車両1台1台の挙動は確率的に取り扱うモンテカルロ法を用い、各車両からの発生騒音は点音源と見なすことにより交通流のシミュレーションを行った。複雑な道路周辺状況下での騒音の伝搬すなわち距離減衰及び音響障害物による回折・反射等の計算方法は、すでに発表されている種々の計算手法を応用し組み合わせた。

コンピュータの使用機種は、当研究所内に設置されている環境情報管理システムのFACOM M-760である。また、今回構築した本システムを使用して、騒音レベルの高い道路形態の1つである2層高架道路について事例研究を行った。実測値と予測値との比較を行うとともに、現状の道路における各道路別等の寄与度を分析し、各種対策実施による減音効果を算定した。この事例研究の結果、本システムは今後さらに改善の余地はあるものの道路交通騒音低減対策手法の検討などに有効に活用し得るものであることが確認された。

2 シミュレーションの方法

(1) システムの概要

道路に面する地域における騒音に係わる環境基準及び要請限度は、時間率騒音レベルである中央値(L_{50})が採用されている。 (L_{50}) は統計的数量であるため、モンテカルロ・シミュレーション手法を用い、車両1台1台の挙動を確率的に取り扱う方法を採用している。すなわち、本システムは道路上にある車両1台ごとの挙動を確率分布による挙動として扱い、各車両から発生する騒音を点音源と見なすことによって、全車両から受音点に到達する騒音レベルを合成する方法を採用している。¹⁾

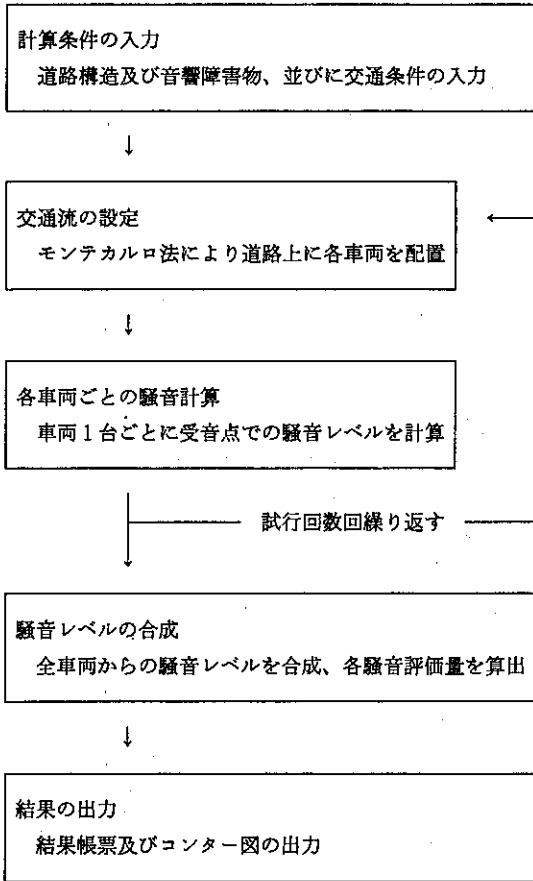


図1 騒音予測計算シミュレーションのフロー

本システムでのシミュレーション計算フローの概略は、図1の通りである。出力される騒音評価量は、等価騒音レベル (Leq) 及び時間率騒音レベル (Lx) であり、Xは任意に設定が可能である。計算結果は、コンター図のかたちでも出力される。

(2) 交通流の設定方法

走行車両の車種分類は、大型車、小型貨物車、乗用車の3車種分類で行うが、2車種分類で行うことも可能である。本システムでは各車種の構成比率に応じて一様乱数により、初期設定時における車種を決定する。各車両は、信号に応じて停止・発進を行うとともに、交差点では分流率に応じて進路を振り分ける。

走行車両の車間間隔は、交通量と平均車速により求められる平均車間間隔に指数乱数を用いて決定する。車両

の速度V (m/sec) は、前車との車間間隔R(m)を保つよう、次式により加減速する。

$$R = (0.0972 V^2 + 0.96V) \cdot Kr + C$$

ここに、Kr ; 許容率

(安全な車間間隔は Kr = 1 のときであるが、実際の走行状態を考慮する係数として、本システムでは 1/3を設定している。)

C ; 車両の長さ (m)

(車両の平均長さであり、初期値として 5 mを採用している。)

(3) 騒音レベルの計算方法の基本

ア 車両1台の騒音レベル

車両1台から発生する騒音をそれぞれ点音源と見なし、道路面を除く空間すなわち半自由空間に音響を放射伝播するとして取り扱う。1つの点音源の音響パワーレベルをLw (dB) とすると、距離D(m)にある受音点での騒音レベルLu (dB) は、次式で与えられる。

$$Lu = Lw + \Delta Ls - 8 - 20 \log_{10} (D) - \Delta Ld - \Delta Lr - \Delta Lg$$

ここで、

$$Lw = Pw + \sigma \cdot r + 0.2V$$

Pw ; 車種ごとの平均パワーレベル (dB)

(初期値は、大型貨物車=97、小型貨物車=90、乗用車=85である。)²⁾

σ ; Pwの車種ごとの標準偏差

(初期値は、大型貨物車=3.3、小型貨物車=3.2、乗用車=2.6である。)²⁾

r ; 平均が0、標準偏差が1の正規乱数

V ; 車速 (km/h)

ΔLs ; 道路勾配によるパワーレベルの補正值

(道路に勾配がある場合、勾配i (%)の勾配区間を走行する車両は、車両から発するパワーレベルを全車種とも次式により補正する。

$$\Delta Ls = 0.3i + 0.1 \cdot i^2$$

ただし、i > 6のときは、i = 6とする。²⁾

法、または、(i)建物等の2エッジで回折を考える方法の2方法がある。本システムではこれらのどちらかを選択することになっている。伝播経路は、建物等の上端を通過する1経路と両側端を通過する2経路の計3経路を計算対象とする。

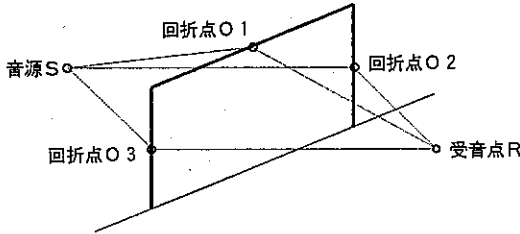


図3 有限長障壁の伝播経路

(7) 仮想障壁を想定する方法

図4のように、建物等の厚みのある障壁を挟んで音源Sと受信点Rある場合、厚みのない仮想障壁に置き換えて回折減衰量を算出する方法である。Sと建物のエッジXとを結んだ線分と、Rと建物のエッジYとを結んだ線分との交点を頂点とする仮想障壁Oを想定する。

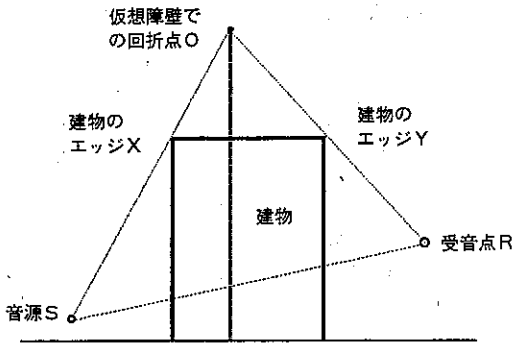


図4 仮想障壁を想定する方法

(i) 2エッジで回折を考える方法

図5のように、建物のエッジXとエッジYの2点で2回の回折を考え、次式によりそれぞれ回折効果を加算することにより $\Delta L_d(KU)$ を算出する方法である。

$$\Delta L_d(KU) = \Delta L[N_x] + \Delta L[N_y] - 5 + 20 \log_{10}(1/d)$$

ここに、 $\Delta L[N_x]$; 経路SXR'による回折減衰量

$\Delta L[N_y]$; 経路S'XRによる回折減衰量

l ; SX + XY + YR

d ; SR

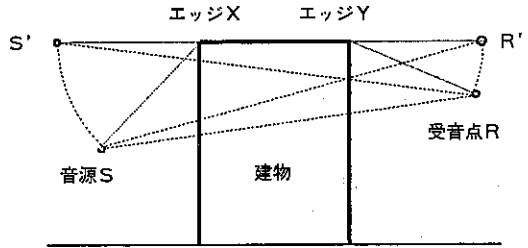
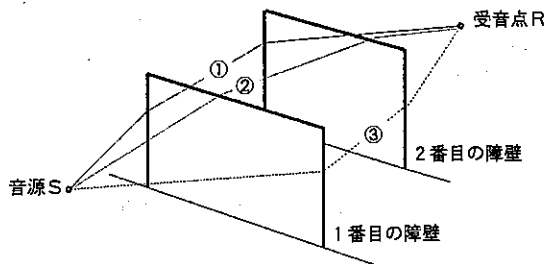


図5 2エッジで回折を考える方法

エ 複数の障壁が並ぶ場合の計算方法

(7) 音線の単純化

音源と受信点との間に高さや長さの異なる種々の有限長の障壁が様々の位置に複数個以上並ぶ場合、本システムでは伝播経路を次のように単純化して計算することになっている。図6のように複数個の障壁のうち1番目の障壁で上端を迂回する場合には、2番目以降の障壁でも上端を迂回するものとし、1番目の障壁で側端を迂回する場合には、2番目以降の障壁でも側端を迂回するものとして扱うことにより計算を簡略化することにする。しかし、各障壁を迂回する音線は、1番目の障壁で障壁の上



- ①及び③ 側端を通る音線
- ② 上端を通る音線

図6 障壁が複数個並ぶ場合

端を迂回した後、2番目の障壁では障壁の側端を迂回する伝播経路が最短である場合も考えられる。しかし、これは特殊な場合として考え、本システムでは計算対象としないこととし、計算の簡略化を行うこととした。

(4) 計算対象障壁の選定方法

種々の高さの障壁が複数個以上並ぶ場合、回折計算の対象とする障壁は、次により選定する。ここで、見通せる障壁とは、回折の行路差 $\delta \leq 0$ となる場合であり、見通せない障壁とは $\delta > 0$ となる場合の障壁である。

① すべて見通せる障壁の場合の場合

図7のように障壁のすべてが見通せる障壁である場合には、音源Sと受信点Rとの直達距離と障壁による回折経路との負の行路差の絶対値が最小となる障壁を1つ選別して計算する。

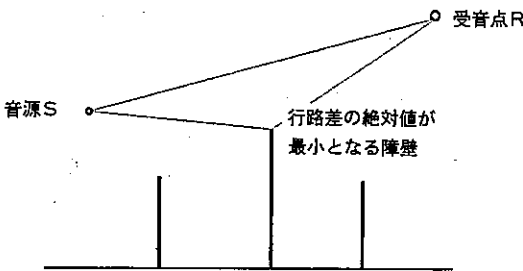


図7 すべての障壁が見通せる障壁の場合

② 見通せない障壁が1つだけの場合

図8のように複数以上の障壁のうち、1つだけが見通せない障壁があり他の障壁は見通せる障壁である場合には、見通せない障壁を回折計算の対象とする。

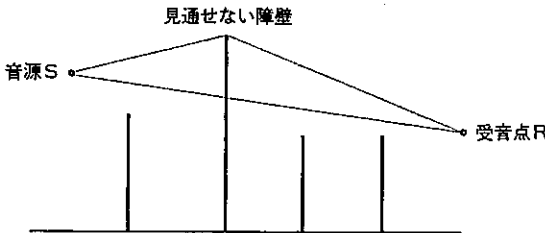


図8 見通せない障壁が1つの場合

③ 見通せない障壁が2つ以上ある場合

図9のように見通せない障壁が2つ以上ある場合には、見通せない障壁のうち回折効果が最大となる2つの

障壁を選定して、厚みのある障壁と同様の取扱いをする。

すなわち、仮想障壁を想定する方法の場合には、音源Sから各障壁の上端を見た場合最も見上げることになる障壁1つを選定し、同様に受信点Rから障壁の上端を見た場合最も見上げることになる障壁1つを選定する。この2つ障壁から仮想障壁を設定して計算する。または、2エッジで回折を考える場合には、各障壁が単独に存在すると仮定して行路差を求め、行路差が最大となる2つの障壁を選定する。

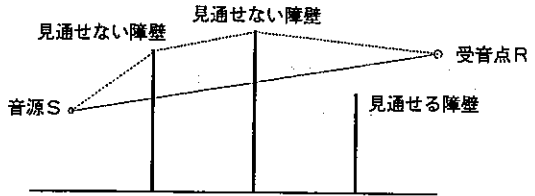


図9 見通せない障壁が複数以上ある場合

(5) 反射効果 ΔL_r の計算方法

ア 反射計算の基本

音響障害物による反射は、鏡面反射により反射するとして取り扱う。すなわち、仮想音源を反射面に対し対称の位置に設定して計算する。仮想音源は反射回数ごとに設定する。反射面の吸音率を α とすると、1回の反射による減衰量は次式で与えられる。

$$\Delta L_r = 10 \log_{10} (1 - \alpha)$$

実音源からの騒音レベルと反射回数ごとの仮想音源からの各騒音レベルとをエネルギー合成して受信点の騒音レベルとする。多重反射の計算回数は、5回反射まで取り扱う。

イ 道路構造と建物等による反射の計算方法

反射効果の計算は、道路構造により反射する場合と建物等により反射する場合とを考える。

(7) 道路構造による反射

道路構造による反射は、道路に付設された遮音壁、高架道路の橋梁裏面、掘割り道路の側壁による反射である。図10-1に高架道路橋梁裏面反射、図10-2に掘割り道路側壁反射の例を示す。

(イ) 建物等による反射

道路構造以外の音響障害物による反射については、有

限長の厚みのない障壁と厚みのある障壁とを取り扱う。建物等は厚みのある障壁として扱うとともに、図11のように側壁による反射を考える。ただし、建物等が複数個以上ある場合の回折・反射による音線は、回折した後に反射したり、反射した後に回折するような音線は考えず、回折する場合は常に回折するとし、反射する場合は常に反射するとして取り扱うことにより、計算を簡略化することにした。

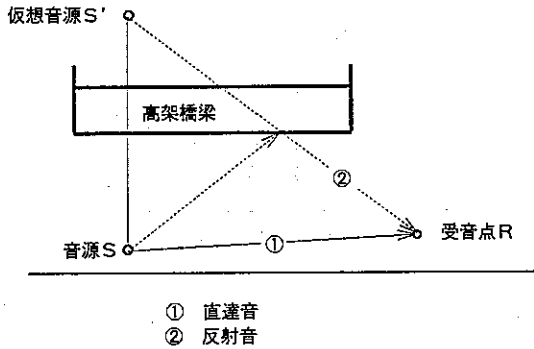


図10-1 高架道路橋梁の裏面反射

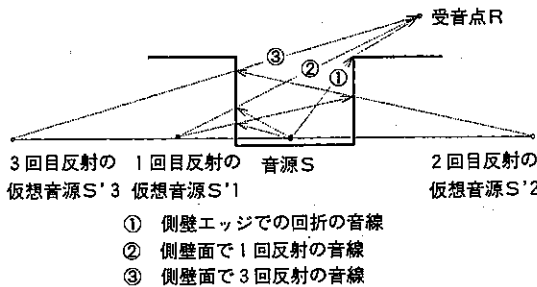


図10-2 堀割り道路の側壁反射

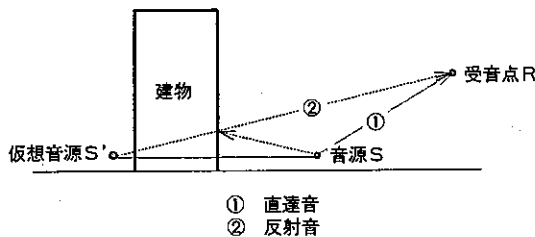


図11 建物等による反射

(6) 地表面性状による補正の方法

騒音伝播過程における地表面の影響による減衰効果 ΔL_g の計算は、環研モデルと日本音響学会騒音部会の提案式とを選択する。

ア 環研モデル

環研モデルの計算式は、次式のとおりである。

$$\Delta L_g (KA) = -K \cdot \log_{10} (R/R_0) \quad (R \geq R_0 \text{ のとき})$$

$$= 0 \quad (R < R_0 \text{ のとき})$$

ここで、 K ; 過剰減衰を与える係数

(本システムでは、 $K=11$ を採用している。)

R ; 音源から受音点までの距離(m)

R_0 ; 過剰減衰を生じ始める距離(m)

(本システムでは、 $R_0=9$ を採用している。)

イ 日本音響学会騒音部会の提案式

日本音響学会騒音部会の提案式は、地表面種類、音源高さ、受音点高さをパラメータとして、 $\Delta L_g (ON)$ を求めるものである。⁵⁾

$$\Delta L_g (ON) = -K \cdot \log_{10} (R/R_0)$$

ここで、 K ; 過剰減衰を与える係数

(地表面の種類及び平均伝搬経路高 H_a をパラメータとして決められる係数である。)

R ; 音源から受音点までの距離(m)

R_0 ; 過剰減衰を生じ始める距離(m)

このうち、地表面種類が、アスファルト、コンクリートの場合は、常に

$$\Delta L_g (ON) = 0$$

である。

3 事例研究

(1) 道路の概要及び計算条件

都内において道路交通騒音が著しい道路構造の1つである2層構造道路について、実測調査及び対策実施効果の算定予測を行った。対象とした道路は平面道路と高架

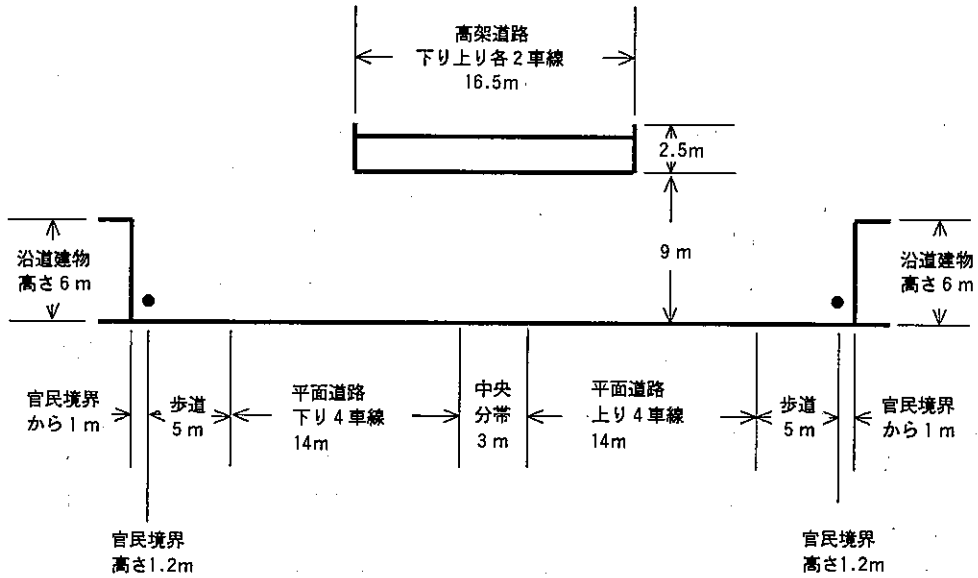


図12 道路断面現況概要図

表1 道路交通条件の実測結果

道路の別	交通条件	下り側				上り側			
		朝	昼間	夕	夜間	朝	昼間	夕	夜間
高架道路 片側 2車線	交通量 (台/時)	3613	3228	2399	730	2853	2291	1143	793
	速度 (km/時)	84.2	100.5	75.8	94.6	34.5	109.8	79.0	88.8
	大型車混入率 (%)	7.4	7.3	3.8	26.3	2.6	3.4	6.5	30.9
平面道路 片側 4車線	交通量 (台/時)	1506	2160	1764	642	3648	2448	1416	828
	速度 (km/時)	54.0	48.6	50.1	58.0	53.9	53.2	52.9	59.2
	大型車混入率 (%)	3.2	1.9	2.4	9.3	5.1	2.5	7.2	17.4

道路とからなる図12のような2層構造道路である。平面道路は、上り4車線、下り4車線の計8車線で、中央分離帯幅3mを含め車道幅は31mであり、歩道幅は両側ともに5mである。高架道路は、上り2車線、下り2車線の計4車線で、車道幅は、16.5mである。時間区分は、朝、昼間、夕及び夜間の4時間帯について行った。各時間帯での各道路別上り下り別の交通量、速度及び大型車混入率の実測結果は、表1のとおりである。

コンピュータシミュレーションでは、各車両を点音源と

仮定した際の音源高さは各車種ともに0.3mとした。車種分類は、2車種分類で行い、各車両のパワーレベルは、昭和54年度規制値をそのまま用い、その標準偏差は0とした。音響反射については、高架橋梁裏面、遮音壁及び沿道建物について考慮し、反射率は0または1として計算した。すなわち高架橋梁裏面の対策前及び対策後の反射率は1及び0とし、設置遮音壁は両面とも反射率0である。沿道建物の高さは6mとし、官民境界から1mセットバックして建っており、建物反射の反射率は

1とした。道路騒音の評価位置は、官民境界線上の地上1.2mでの L_{50} 及び Leq である。

(2) 現状の実測値と予測値との比較

現状の道路（中央分離帯遮音壁及び歩車道端遮音壁は設置されていない）について、表1の交通条件のもとで、高架橋梁裏面及び沿道建物による反射を考慮しコンピュータシミュレーションによる計算を行った。実測値とシミュレーション計算値とを比較すると、実測値よりもコンピュータシミュレーション値の方が時間帯（すなわち交通条件）によって異なるが、 L_{50} 及び Leq ともに1～5 dB(A)下回る結果となった。

また、下り側について参考のため、日本音響学会式による計算を行った。日本音響学会予測値は、コンピュータシミュレーション予測値よりもさらに5～6 dB(A)下回る結果となった。

(3) 現状の道路における各寄与度

現状の道路における各道路及び高架裏面・建物反射などについての各寄与度をコンピュータ・シミュレーションにより分析することを試みた。コンピュータシミュレーション計算は次の5ケースで行った。

ケース①は、平面道路のみに交通があり、高架裏面反射・建物反射ともがないというケースである。ケース②は、平面道路のみに交通があり、高架裏面反射はあるが、建物反射はないというケースである。ケース③は、高架道路のみに交通があり、高架裏面反射・建物反射ともがないというケースである。ケース④は、平面道路と

高架道路の両方に交通があり、高架裏面反射はあるが建物反射はないというケースである。ケース⑤は、平面道路と高架道路の両方に交通があり、高架裏面反射・建物反射ともにあるというケースである。

ケース①平面道路のみとケース②高架道路のみとを比較することにより、交架裏面や建物の反射を考えないで、交通条件だけを考えた場合の上下道路の寄与度がわかることになる。官民境界地上1.2mでは、平面道路の方が高架道路よりも5～16dB高く、時間帯（交通条件）により程度は異なるものの平面道路寄与度は大きく、高架道路から伝播してくる音は比較的小さいことがわかる。

ケース①の平面道路のみの反射なしとケース③の平面道路のみで反射ありとを比較することにより、高架裏面反射による増加分としては、1～2 dB程度であることがわかる。

ケース④の2層道路で裏面反射はあるが建物反射はな

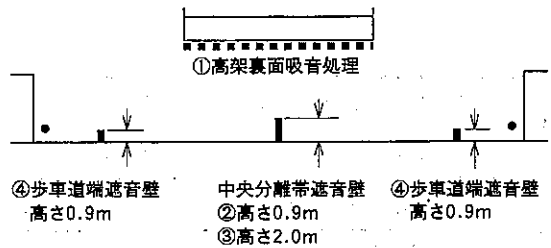


図13 対策実施後の道路断面図

表2 実測値と計算値との比較

時間区分		朝		昼間		夕		夜間	
騒音レベル	dB (A)	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq
現場実測値	上り側	79.0	79.5	78.0	78.1	77.0	78.5	76.0	77.7
	下り側	77.0	78.0	77.0	77.0	77.0	77.0	74.0	75.0
コンピュータシミュレーションによる計算値	上り側	76.0	76.6	74.9	75.5	72.5	73.5	71.3	73.5
	下り側	75.7	76.0	74.9	75.1	72.8	73.4	71.3	72.5
日本音響学会式による計算値		下り側	69.9		69.2		68.3		66.1
実測値とシミュレーション計算値との差	上り側	3.0	2.9	3.1	2.6	4.5	5.0	4.7	3.2
	下り側	1.3	2.0	2.1	1.9	4.2	3.6	2.7	2.5
シミュレーションと学会式の差		下り側	5.8		5.7		4.5		5.2

表3 現状道路騒音の各寄与度推定

計算条件	番号道路の有無		反射の有無		上下側の別	L50 dBA				Leq dBA				
	平面道路	高架道路	裏面反射	建物反射		朝	昼間	夕	夜間	朝	昼間	夕	夜間	
シミュレーション条件	①	有り	無し	無し	無し	上り側	72.7	70.8	69.5	66.4	73.7	71.5	70.4	69.5
						下り側	70.7	70.3	68.8	66.3	71.4	70.9	70.1	68.7
	②	有り	無し	有り	無し	上り側	73.2	71.7	69.8	67.6	74.0	72.2	71.2	70.2
						下り側	72.5	71.4	70.4	67.7	73.0	71.9	71.1	69.8
	③	無し	有り	無し	無し	上り側	56.6	61.6	64.1	56.4	56.7	62.0	54.8	57.7
						下り側	59.0	61.9	54.1	56.7	59.6	62.3	54.8	58.7
	④	有り	有り	有り	無し	上り側	73.2	72.1	69.7	68.5	73.9	72.8	70.8	70.8
						下り側	72.9	72.1	70.0	68.4	73.9	72.8	70.8	70.8
	⑤	有り	有り	有り	有り	上り側	76.0	74.9	72.5	71.3	76.6	75.5	73.5	73.5
						下り側	75.7	74.9	72.8	71.3	76.0	75.1	73.4	72.7
寄与度分析	①-③ 平面道路騒音と高架道路騒音との差					上り側	16.1	9.2	5.4	10.0	17.0	9.5	15.6	11.8
						下り側	11.7	8.4	14.7	9.6	11.8	8.6	15.3	10.0
	②-① 平面道路騒音の高架裏面反射による増加					上り側	0.5	0.9	0.3	1.2	0.3	0.7	0.8	0.7
						下り側	1.8	1.1	1.6	1.4	1.6	1.0	1.0	1.1
	⑤-④ 平面高架双方騒音の建物反射による増加					上り側	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7
						下り側	2.8	2.8	2.8	2.9	2.7	2.3	2.6	1.9

表4 各対策項目による減音量の予測

対策の別	対策実施項目	上り側の別	朝				昼間				夕				夜間			
			予測値 dBA		減音量 dBA		予測値 dBA		減音量 dBA		予測値 dBA		減音量 dBA		予測値 dBA		減音量 dBA	
			L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq	L50	Leq
個別対策	① 高架裏面吸音処理	上り側	75.6	76.2	0.4	0.4	74.2	75.0	0.7	0.5	71.4	72.7	1.1	0.8	70.4	72.9	0.9	0.8
		下り側	73.9	74.5	1.8	1.5	73.7	74.1	1.2	1.0	71.9	72.5	0.9	0.9	69.9	71.5	1.4	1.2
	② 中分帯遮音壁/低	上り側	75.6	76.3	0.4	0.3	74.3	75.0	0.6	0.5	71.5	72.8	1.0	0.7	70.6	73.0	0.7	0.5
		下り側	74.2	74.6	1.5	1.1	73.8	74.2	1.1	0.9	72.0	72.6	0.8	0.8	70.2	71.7	1.1	1.0
	③ 中分帯遮音壁/高	上り側	75.6	76.2	0.4	0.4	74.2	74.9	0.7	0.6	71.4	72.7	1.1	0.8	70.4	72.9	0.9	0.6
		下り側	73.9	74.4	1.8	1.6	73.6	74.0	1.3	1.1	71.8	72.4	1.0	1.0	69.9	71.5	1.4	1.2
④ 歩車道端遮音壁	上り側	71.5	71.8	4.5	4.8	71.5	71.8	3.4	3.7	69.2	69.7	3.3	3.8	68.2	69.5	3.1	4.0	
	下り側	73.1	73.3	2.6	2.7	72.1	72.3	2.8	2.8	69.2	69.7	3.6	3.7	68.8	69.9	2.5	2.8	
組み合わせ対策	①+②	上り側	75.1	75.8	0.9	0.8	73.3	74.4	1.6	1.1	69.9	71.8	2.6	1.7	69.5	72.3	1.8	1.2
		下り側	71.3	72.4	4.4	3.6	72.2	72.8	2.7	2.3	70.6	71.5	2.2	1.9	68.0	70.1	3.3	2.6
	①+③	上り側	75.0	75.8	1.0	0.8	73.4	74.2	1.5	1.3	69.6	71.7	2.9	1.8	69.3	72.2	2.0	1.3
		下り側	70.6	71.9	5.1	4.1	72.0	72.5	2.9	2.6	70.4	71.3	2.4	2.1	67.6	69.8	3.7	2.9
	①+④	上り側	70.1	70.5	5.9	6.1	69.9	70.2	5.0	5.3	66.7	67.3	5.8	6.2	66.5	67.8	4.8	5.7
		下り側	69.7	69.9	6.0	6.1	69.7	70.0	5.2	5.1	66.8	67.2	6.0	6.2	66.2	67.2	5.1	5.5
	②+④	上り側	71.3	71.6	4.7	5.0	71.3	71.6	3.6	3.9	68.9	69.4	3.6	4.1	68.0	69.3	3.3	4.2
		下り側	72.7	72.9	3.0	3.1	71.8	72.0	3.1	3.1	69.0	69.4	3.8	4.0	68.5	69.5	2.8	3.2
	③+④	上り側	71.1	71.4	4.9	5.2	71.1	71.4	3.8	4.1	68.6	69.1	3.9	4.4	67.9	69.0	3.4	4.5
		下り側	72.3	72.5	3.4	3.5	71.5	71.7	3.4	3.4	68.6	69.1	4.2	4.3	68.3	69.2	3.0	3.5
	①+②+④	上り側	69.8	70.3	6.2	6.3	69.6	69.9	5.3	5.6	66.0	66.8	6.5	6.7	66.2	67.5	5.1	6.0
		下り側	68.7	69.0	7.0	7.0	69.2	69.4	5.7	5.7	66.3	66.7	6.5	6.7	65.7	66.6	5.6	6.1
	①+③+④	上り側	69.5	70.1	6.5	6.5	69.2	69.6	5.7	5.9	65.3	66.2	7.2	7.3	65.7	67.2	5.6	6.3
		下り側	67.5	67.9	8.2	8.1	68.6	68.9	6.3	6.2	65.6	66.1	7.2	7.3	65.0	65.9	6.3	6.8

しのケースと、ケース⑤の2層道路で裏面反射・建物反射ともにあるのケースとを比較することにより、建物反射による増加分は2~3 dBであることがわかる。

(4) 各種対策の実施効果算定

現状の道路に、図13のような①から④の4種類の個別

対策及びそれらを組み合わせた7種類の組み合わせ対策について、対策実施後の減音効果について本シミュレーション手法を用いて予測計算を行った。個別対策のケース①は、高架橋梁裏面に吸音処理を施工した場合である。ケース②は、中央分離帯上に高さ0.9mの遮音壁を設置

した場合（以降、中央分離帯遮音壁（低）と言う。）であり、ケース③は、中央分離帯上に高さ2.0mの遮音壁を設置した場合（以降、中央分離帯遮音壁（高）と言う。）である。ケース④は、車道側歩道端に高さ0.9mの遮音壁を設置した場合である。組み合わせ対策の7種は、(①+②)、(①+③)、(①+④)、(②+④)、(③+④)、(①+②+④)、(①+③+④)のケースである。

時間帯により各道路の交通条件が異なるため、減音効果は異なるが、各ケースでの減音量は、おおむね次のとおりである。①の高架裏面吸音処理による減音効果は、1～2 dBである。②の中央分離帯遮音壁（低）による減音効果は、1～2 dBである。③の中央分離帯遮音壁（高）による減音効果は、1～2 dBである。④の歩車道端遮音壁による減音効果は、3～4 dBである。組み合わせ対策による減音量は次のとおりである。(①+②)による減音効果は、1～4 dBである。(①+③)による減音効果は、1～5 dBである。(①+④)による減音効果は、5～6 dBである。(②+④)による減音効果は、3～5 dBである。(③+④)による減音効果は、3～5 dBである。(①+②+④)による減音効果は、5～7 dBである。(①+③+④)による減音効果は、6～8 dBである。

すなわち、もし、個別対策を1つだけ実施するとすると、最も効果が期待できるのは、④の歩車道端遮音壁である。対策項目を2つ実施するとすると、(①+④)すなわち高架裏面吸音道路と歩車道端遮音壁の組み合わせ対策の実施が、他の組み合わせよりも期待できる。対策項目を3つ組み合わせると、(①+③+④)すなわち高架裏面吸音道路と中央分離帯遮音壁（高）と歩車道端遮音壁を設置したとき減音量が最大となり、6～8 dBの期待ができることがわかる。

4. 考 察

(1) 予測精度

今回の事例研究では、現場実測値と予測値とを比較して、シミュレーションの予測値の方が、1～5 dB低めという結果であった。その原因としては、高架橋梁の振動音及び橋梁繋ぎ目での発生衝撃音について、シミュレーション計算ではまったく考慮していないことが考えられる。日本音響学会式では、高架道路の近傍の補正值 α_i はプラスになっており、高架道路の振動音等を考慮してい

るといえる。シミュレーションにおいても、このような補正を取り入れる必要があると考えられる。しかし、高架橋梁は様々な構造のもとで建築されているため、高架橋梁構造からの発生音は大きく異なっている。建築構造毎の実測データが乏しい現状では、これを補正することは難しいと思われる。

一方、日本音響学会式による予測計算では、高架自体の振動音は α_i により補正しているといえるにもかかわらず、高架道路裏面反射及び沿道建物による多重反射を考慮して計算することができないため、事例研究ではシミュレーションよりもさらに低い予測値となった。複雑な道路周辺状況のもとでの道路騒音予測には、やはりシミュレーション手法を用いて予測することが望ましいと言えよう。

本システムでは、車両の車種別パワーレベルは、コンピュータ・シミュレーションの予測計算をする基本の数値である。実走行状態でのパワーレベルとしては、いわゆる昭和54年度規制値以外には客観的に根拠とできる数値は現状ではないと思われる。事例研究においても、この数値を基にして計算したが、このような予測に使い得る実走行パワーレベルの測定が望まれる。

厚みのある障壁における回折減衰量を求める方法として、本システムでは仮想障壁を想定する方法と2エッジで回折を考える方法とを選択することになっている。一般的には、実測値と予測値とを比較した結果からは、後者は減衰量が多ざることが多く、前者の方が良く一致することが多い。しかし、たとえばオーバーハング障壁のような場合に、前者の方式では仮想障壁の高さが無限となってしまうような場合が考えられ、ケースバイケースによる両者の使い分けが必要である。

(2) システムの改良

本システムは、モンテカルロ法により非定常流交通流を予測し、道路上に車両を配列する方法を採っている。しかし、事例研究で行ったように、同じ交通流のもとに何種類もの対策の実施効果を算出する際には、交通流設定を行う部分を独立させることにより、より精度良く、迅速な予測が行えると考えられる。また、本システムは、モンテカルロ法による車両の配置のもとで、騒音計算を100～1000回程度繰り返して行うことにより、騒音レベルを算出する方法を採っている。

そのため、車両位置ごとの騒音計算結果をコンピュー

タのメモリー上にあらかじめ保存することにより、騒音計算に費やす時間の短縮ができ、より精密計算に費やすことも可能となることが考えられる。本システムは対策実施効果の推定などに使用されることが多いと考えられるため、さらにこのような改善を行うことにより、より精度の高い使いやすいシステムとすることができる。

5 おわりに

道路交通騒音は年々悪化の一途をたどっている。道路交通騒音防止対策を推進していくうえで、各種対策の実施効果を数値化して予測する必要性が高まるものと思われる。そのため、本システムはさらに改良すべき箇所はあるものの、音響学会予測式および模型実験手法と比較し有利な点が多く、有効なシステムとして今後活用できると考えられる。しかし、本システムの使用にあたっては、対象道路の交通流や道路周辺状況が本システムの計算条件にあてはまると考えられるかどうかを常に検討のうえ使用しなくてはならない。

本システムの構築にあたっては、武蔵工業大学電気通信工学科助教授 今井章久氏 及び (財) 小林理学研究所主任研究員 山本貢平氏 から多くの有用かつ適切

なご助言をいただきましたことをここに深く感謝いたします。なお、本システムのプログラム開発は、(株) 数理計画 に委託したものである。

参考文献

- 1) 小林正雄ら：交差点における道路交通騒音の予測について、日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，p.137～140 (昭和62年9月)。
- 2) 佐々木実ら：道路特殊箇所騒音の予測方法に関する検討—インターチェンジ部周辺—，日本音響学会誌，40，9，p.638～643 (1984)。
- 3) 山本貢平ら：前川チャートの数式表示について、日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，p.277～280 (平成2年10月)。
- 4) 建設省土木研究所道路部交通環境研究室：道路交通騒音シミュレーション手法，土木研究所資料，土研資料第1875号，p.1～13。
- 5) (社) 日本音響学会：道路交通騒音調査研究委員会報告，日本音響学会騒音研究会資料，資料番号N-90-16，p.9～25 (1990年6月22日)。

Computer Simulation System for Road Traffic Noise Prediction

Kiyotsugu Shirai, Tetsu Asai* and Takashi Takayama
 (* Air Quality Protection Division)

(Abstract)

Particularly in the central part of Tokyo, urban road systems are complex structures which run through areas of densely packed highrise buildings. A computer prediction system for these kinds of urban roads is needed to achieve road traffic noise reduction measures. This paper examines such a computer simulation system. Traffic flow is simulated using the Monte-Carlo method, and the noise propagation levels are calculated by a combination of existing calculation methods. The traffic noise levels of a double-decked road in Tokyo are predicted in a simulation using this system, and comparing with actual noise levels, the reduced noise levels after implementation of noise reduction

measures are predicted. This computer simulation system is considered to be useful when examining measures for road traffic noise reduction.