



Title	シミュレーションによる道路交通騒音の予測
Author(s)	金安, 公造
Citation	北海道大學工學部研究報告, 113, 79-87
Issue Date	1983-02-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41781
Type	departmental bulletin paper
File Information	113_79-88.pdf



シミュレーションによる道路交通騒音の予測

金安 公造

(昭和57年9月30日受理)

Estimation of Road Traffic Noise by Simulation

Kozo KANEYASU

(Received September 30, 1982)

Abstract

In the case of complicated traffic, on roads and at the roadsides, a simulation method is useful for the estimation of road traffic noise.

In this paper, some problems in question of the equally spaced and equally powered model are pointed out, and an application of the simulation method is introduced.

Concepts, procedures, equations and constant values applied in the estimation are presented and the actual noise level measured at roadsides are compared with the estimated noise level by simulation.

1. まえがき

現在、一般に用いられている道路交通騒音の予測計算方法は、いわゆる一列等間隔等パワーモデルに基づいた日本音響学会式¹⁾であるが、この方法には以下に挙げるような問題点がある。

- (1) 予測の対象としている評価指標は中央値のみであること
- (2) モデルの性格上、極めて単純な道路交通しか扱えないこと
- (3) 直線、水平、無限長など極めて単純な道路しか扱えないこと
- (4) 沿道条件が一様であること

したがって、現実の交通および道路を対象として騒音の予測を行うには、例えば以下のような場合には、一般には適用できない。

- (1) 騒音の変動の統計値を表わす L_a 、騒音のエネルギー平均を表わす L_{eq} などの評価指標の予測
- (2) 自動車の減速、停止、加速などがある交差点付近、坂路、あるいは夜間交通量が極めて少ない時間帯での予測
- (3) 曲線部、ランプ部、高架道路を併設している関連街路、トンネル坑口付近などの複雑な構造の道路での予測
- (4) 様々な形状の建物が沿道に並んでいる道路での予測

以上のような場合に用いられる予測計算方法としては、電算機によるシミュレーションおよびスケールモデルを用いた模型実験などが提案されているが、本報告ではシミュレーションによる方法について、手法、実測値による検証について述べる。

2. シミュレーションの概要²⁾

2.1 シミュレーション法の考え方

シミュレーション法の特徴を、これまでの一列等間隔モデルと対比すると表－1のように示される。

表－1 両モデルの特徴

項 目	モデル	シミュレーションモデル	等 間 隔 モ デ ル
道路構造要素		構造寸法をすべて反映する	代表断面で一様に固定される
沿道地形要素		地形を数値的に与えることにより反映する	代表断面で固定される
車両の走行方式		任意に変化させることができる	定位置、定速度に固定される
車両の出現パターン		任意の統計的確率で与えられる	一定時間間隔（または等距離）として与える
多車線の扱い		瞬時値で合成されるので車線の制限はない	仮想車線毎にパワー合成される
解 の 種 類		統計値 (L_a)、平均値その他自由に算出できる	中央値 (L_{50}) を求める場合に使用される

2.2 適用範囲

以下に述べるシミュレーション法は、自動車専用道路またはこれに準ずる道路を通行する自動車からの騒音レベルを、道路から約 100 m までの地点について求める場合に適用できるものであって、非定常走行、曲線路、有限長の道路を含む「道路特殊箇所」における予測に用いるのに適している。例えば、以下に示す箇所に適用される。

- (1) 道路の分合流箇所（ジャクション）
- (2) インターチェンジを含む箇所
- (3) 料金所を含む箇所
- (4) トンネル坑口付近
- (5) その他道路線形、構造、沿道地形の複雑な箇所
- (6) 自動車の走行が定常的でない箇所

2.3 適用に際しての考え方

騒音予測のための手法を選択する場合は、観測点に影響を与える領域について以下の 3 項について検討が必要である。

(1) 道路の線形、構造

平面線形について無限長と仮定するか、有限長と仮定するか（折線で代替できるか）

縦断線形について、一定こう配とするか、有限こう配長とするか

構造を単一型とするか、複数とするか

(2) 沿道条件

一様不変とするか、小数種で代替可能か

(3) 交通条件

交通量、車種混入率、走行速度、加速、減速などについて一定不変とするか、小数種に区分け代替できるか

以上の 3 項について、いずれも一定または不変として差し支えない程度のものであれば、一列等間隔等パワーモデルが適用できる。また、小数種に区分し、代替が可能であれば、有限長道路として分割方式による計算が可能である。いずれも適用できない場合は、シミュレーション法による。

2.4 計算手順

シミュレーション法で計算するには、道路条件、沿道条件、交通条件の外に、計算式および計算に用いる定数を設定する必要がある。その概略は表-2 のようである。

計算フローの一例を表-3 に示す。表に示されている要素、過程などはおおよそ以下に述べるようである。

- ① 対象とする沿道地図および縦横断面図を参考として三次元 (X, Y, Z) の座標を読みとり、入力データを作成する。このとき受音点だけでなく、音響障害物（山の稜線、のり肩、遮音壁の稜線など）の座標が重要である。
- ② 構造別、地上高別に減衰係数を設定し、コース数、サンプリング数を定める。
- ③ 車両の走行コースを読みとり、入力データとする。直線近似、円弧近似の別なども定める。
- ④ コース毎に交通量、車種構成、進入速度およびコース内での走行様式を設定する。
- ⑤ 個々の車の走行する軌跡に従って、走行様式別の区間長を求める。
- ⑥ 車両を必要台数だけ発生させるための、プログラム上必要な変数である。
- ⑦ 車種構成比は④で与えたものと等価となるものとし、出現の順番は一様乱数により定める。
- ⑧ 発生した車両の初期値（発生時刻）を与えサンプリング時刻を定める。

最初に発生した車両の発生時刻を T_1 とし、サンプリング間隔を x とするならばサンプリング時刻 t_i は

$$\begin{array}{ll} \text{1 回目サンプリング時刻} & t_1 = T_1 + x \\ \text{2 回目サンプリング時刻} & t_2 = T_1 + 2 \times x = t_1 + x \\ & \vdots \\ & \vdots \end{array}$$

また後続車との発生時刻の関係は 2 番目、3 番目の車両の発生時刻を T_2 , T_3 として

$$\begin{array}{ll} \text{1 番目車両の発生時刻} & T_1 = \alpha_1 \\ \text{2 番目} & \text{//} & T_2 = T_1 + \alpha_2 \\ \text{3 番目} & \text{//} & T_3 = T_2 + \alpha_3 \\ & \vdots & \vdots \end{array}$$

ここで α_1 , α_2 , α_3 …… は④で与えた交通量で定まる平均車頭時間間隔を平均値とする指数乱数である。

- ⑨ 車両の初期位置を設定する。初期位置は計算対象エリアを十分カバーする位置であることを要し、さらに同方向多車線の場合に各車線を車両が併進しないように配慮することを要する。
- ⑩ サンプリングすべき時刻における車両の位置、走行状態、路面状況からパワーレベルを求め

表-2 シミュレーションの構成

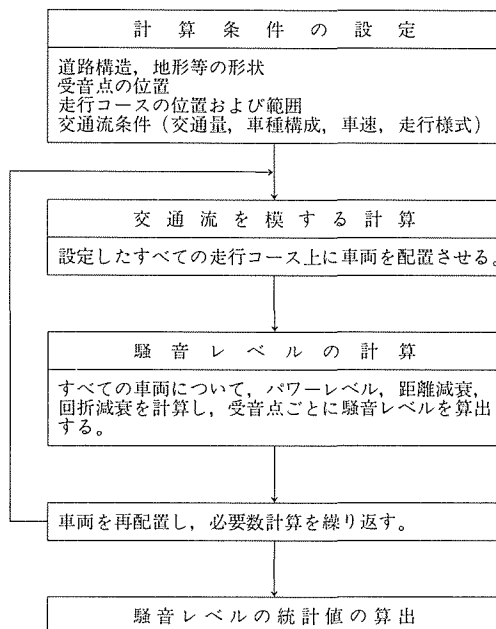
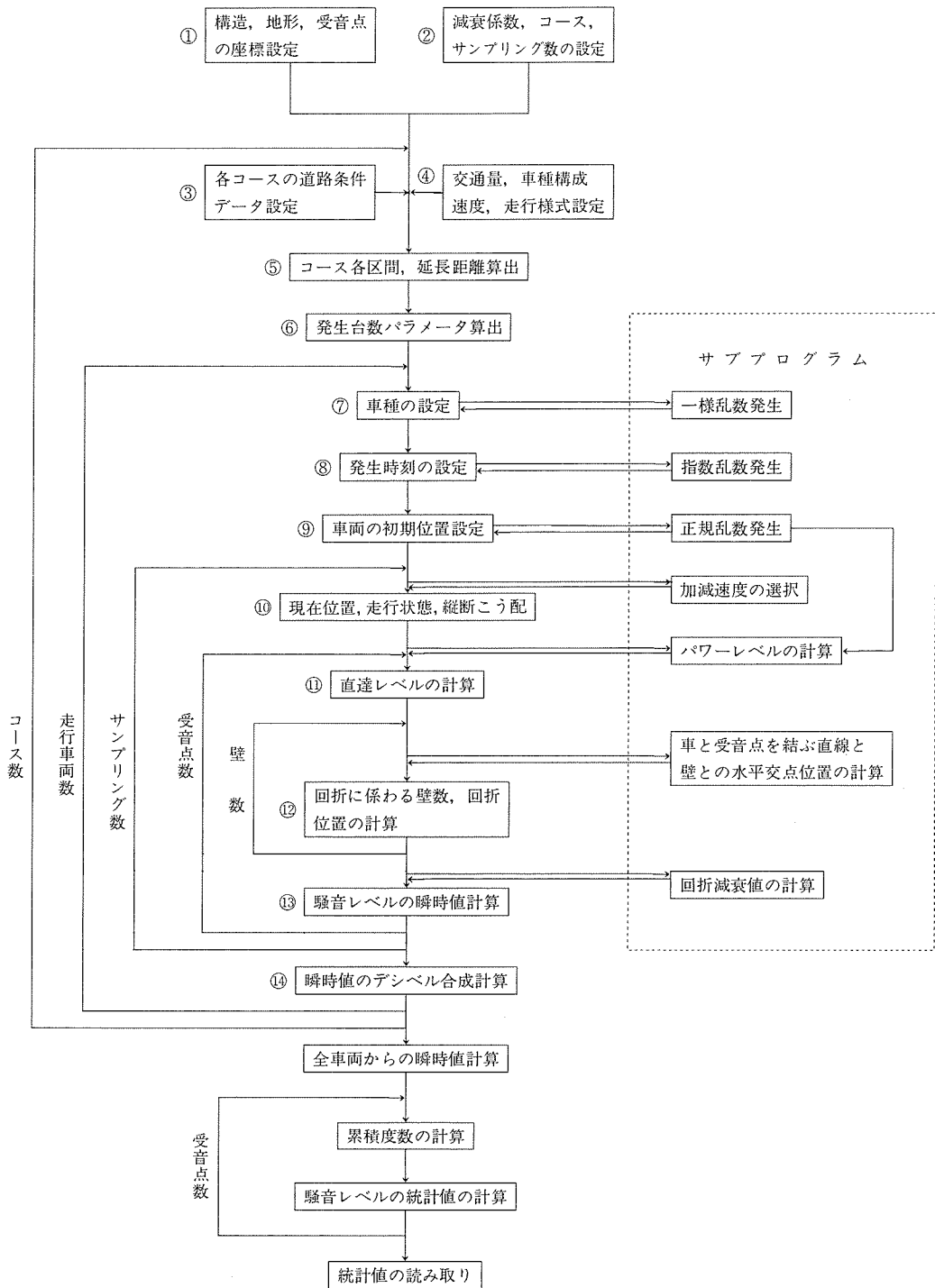


表-3 シミュレーションモデルによる予測フローチャートの1例



る。

- ⑪ 音源（車両）の位置とパワーレベルおよび受音点位置とから基本式によって騒音の直達レベルを求める。
- ⑫ 音源と受音点の間に音響障害物存在の有無を求め、回折による減衰値を計算する。
- ⑬ 前項までの結果として、1台の車両の任意時刻での騒音レベル瞬時値が求められる。
- ⑭ 1台の車両の全瞬時値を受音点別に記憶する。
ただし、2台目以降は以前に記憶してあるレベルに加算し記憶する。
- ⑮ 走行全車両、全コースについての値を受音点別に求める。

3. 計算に用いる式

3.1 基本式

シミュレーション法による場合の道路を走行する車両個々の騒音レベルは、半自由空間の理論式に、過剰減衰を附加した次式による。

$$L_u = L_w - 8 - K \log_{10} r - \Delta L_d \cdots \cdots (1)$$

ただし L_u : 車両1台からの騒音レベルの瞬時値 [dB(A)]

L_w : 1台の車から発生する騒音のパワーレベル [dB(A)]

K : 構造別、地上高さ別に定めた係数

r : 車両から受音点までの距離 [m]

ΔL_d : 回折による減衰値 [dB]

3.2 単一車両からの瞬時値 L_u

車両の種類、速度、走行状態(定常、加速、減速、停止の別)、路面こう配からパワーレベル L_w を求める。

受音点位置と車両位置から直達距離 r を、さらに音響障害物の位置から回折迂回距離 r_d を求め両者の差から回折による減衰 ΔL_d を求める。

減衰係数 K は道路構造と受音点地上高さによって決定する。この K は理論減衰（幾何減衰）および地面等の影響による減衰の両方を考慮した点源に対する減衰を与える定数であり、実測値から導出した後述の値とする。

3.3 受音点における瞬時値 L_s

定められた受音点には、考えている領域内に存在するすべての車両からの騒音が到達する。したがって受音点におけるある瞬間の値 L_s は次式で与えられる。

$$L_s = 10 \log_{10} \left(\sum_u 10^{L_u/10} \right)$$

3.4 統計値 L_a

前項で得られた L_s の累加曲線から L_a を求めることができる。また簡便法として、次の方法によってもよい。

すなわち得られた L_s を大きい順に並べ、 L_s が 100 個の場合は 5, 10, 50, 90, 95 番目の値をそれぞれ L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} とする。

4. 音源のパワーレベル

4.1 車種分類法

車種分類の方法は、「道路交通騒音の予測計算方法に関する研究報告書」に示されている表－4の値とする。

表－4 車種分類

2分類の場合	3分類の場合	対 応 す る プ レ ー ト 番 号
大 型 車 類	大 型 車 類	1, 2, 9
小 型 車 類	小型貨物車類	4 (ライトバンを除く) 6, 3 ^s , 6 ^s , 8 ^s , 二輪
	乗 用 車 類	3, 4 (ライトバンのみ), 5

4.2 走行状態とパワーレベル

走行状態には5種の状態があるものとし、状態別のパワーレベルおよびパワーレベルの変動は次に述べるようであるものとする。

(1) 定常走行時のパワーレベル

ほぼ水平な道路を、ほぼ一定の常用速度で走行する場合を定常走行と呼び、このときのパワーレベル L_w は、前出の研究報告書に示されている表－5の値とする。

表－5 自動車のパワーレベル

車 種	パワーレベル ^リ	変 差
大 型 車 類	$L_w = 97 + 0.2V$	$\sigma = 3.3$
小型貨物車類	$L_w = 90 + 0.2V$	$\sigma = 3.2$
乗 用 車 類	$L_w = 85 + 0.2V$	$\sigma = 2.6$

(2) こう配部走行時パワーレベル

定常走行時のパワーレベルに、全車種ともに一率にこう配補正を施す。道路こう配 i % に対する補正值 ΔL_i は次式で与えられる³⁾。

$$\Delta L_i = 0.3 i + 0.1 i^2 \quad [\text{dB (A)}]$$

(3) 加速走行時パワーレベル

車両の速度が上昇中の時を加速走行時と呼び、この場合のパワーレベルは最終目標速度における定常走行時と同じ値とする。

(4) 減速走行時パワーレベル

車両の速度が下降中の時を減速行時と呼び、この場合のパワーレベルは通常の場合には定常走行時のパワーレベルを与える式によって求める。

特に特別の事情のある減速区間や、下りこう配における減速区間などについては状況を勘案して適宜定めるものとする。

(5) 停止時パワーレベル

車両がエンジンを回転したままで停止している場合のパワーレベルは現在確定していない。そこで、ここでは暫定的に定常走行時のパワーレベルを与える式で速度 0 km/h とした値（定数のみ）とする。

(6) パワーレベルの変差

パワーレベルの変動は、走行状態と関係なく一定 (2σ) であるものとする。

5. 車両騒音の伝搬

5.1 騒音の過剰減衰

地面等諸種の影響による点源の減衰をここでは過剰減衰と呼び、理論減衰と合わせた最終減衰

性状を与える減衰係数（基本式におけるK）を表一6に示す。

5.2 回折による減衰

音波が音響的な障害物のまわりを迂回するために生じる減衰を回折による減衰といい、基本式には ΔL_d と表記している。

障害物による回折点が1ヶ所の場合は、前川のチャート⁴⁾を用いるものとする。前川のチャートはフレネルゾーンナンバーNから求めるものであるが、下の近似式を用いるのが簡便である。

$$\Delta L_d = 10 \log_{10} (N + 0.2) + 13$$

ただしN：フレネルナンバー $\rightarrow 2 \delta / \lambda$

δ ：径路差 $\rightarrow \overline{SO} + \overline{OP} - \overline{SP}$

λ ：波長 $\rightarrow c/f \approx 340/f$

f：周波数 $\rightarrow 700 \text{ Hz}$

なお周波数fは通常の場合約700 Hzであるが、車速の低下とともに低周波域に移行するとされている。

表一6 減衰係数 K の値

受音点地上高	平地	盛土	切土	高架
1.2 m	22	22	22	22
3.5	21	21	21	21
7.0	20.5	21	21	21
12.0	20	20.5	20.5	20.5

6. 車両の走行

6.1 走行軌跡

(1) 走行位置

各車両の走行位置は、車線の中央とする。計算では平面線形は直線と円弧の組み合わせ、縦断線形は直線の組み合わせ（折線近似）とするのがよい。

(2) 走行コースと交通量配分

走行コース（一台の車両が通過する車線の組み合わせ）は乱数により確率的に定めるか、または予め与えるものとする。

予め与える場合は、車線またはコース毎に交通量および混入率を求めておく必要がある。

6.2 車両の挙動

(1) 車両の挙動

車両は定められた軌跡のなかで減速、停止、加速などを行うが、以下にそれぞれについて、物理的に定める。また挙動の定義を明確にするため、判断の基準を下に示す。

① 車速の変化を優先して定義する

例えば、登坂時でも降坂時でも、速度が変化していないときは、加速でも減速でもないものとして、こう配補正を施す。

② 路面こう配によって挙動は制限されない

例えば、登、降坂時にも速度の変化はないものとする。また、坂路においても減速、加速に要する道路延長は水平路と変わらないものとする。

(2) 加速

車両が加速する場合の加速度は特別の状況の場合を除き、表一7に示す加速度であるものとする。

表－７ 加速度の値

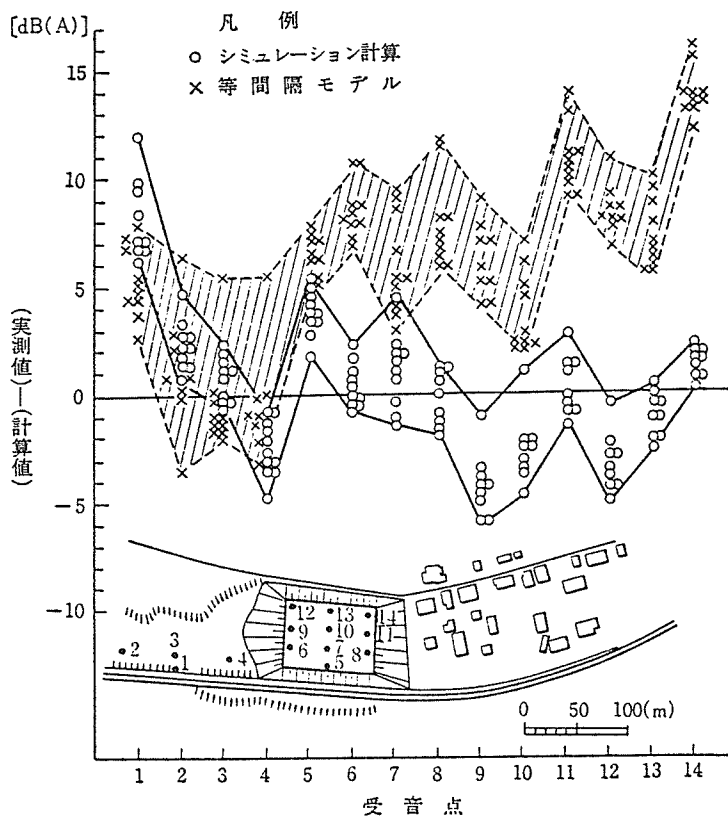
地 域	大 型 車	小 型 貨 物	乗 用 車
料金所エリア	1.0m/s ²	1.1m/s ²	1.4m/s ²
本線ランプ部	0.6 "	1.0 "	1.0 "

表－８ 減速度の値

地 域	大 型 車	小 型 貨 物	乗 用 車
料金所エリア	0.8m/s ²	0.9m/s ²	1.0m/s ²
本線ランプ部	0.4 "	0.7 "	0.7 "

表－９ 料金所における停止時間

入 出 の 別	平 均 値	上 限 値	下 限 値
入 口	6秒	13秒	1秒
出 口	14秒	60秒	3秒
均一料金制の場合	8秒		



図－１ シミュレーション計算と実測

(3) 減速

車両が減速する場合の減速度は特別の状況の場合を除き、表一 8 に示す減速度であるものとする。

(4) サービス時間

料金所における停止時間は入口（カード受取り）、出口（料金支払い）を問わず正規分布しているものとし、その平均および下限、上限は表一 9 に示す値を原則とする。

なおサービス時間は、状況により上表に当てはまらない場合があるので、事情を検討の上定めることが望ましい。

6. 3 車頭間隔

(1) 定常走行時の車頭間隔

本線部を定常走行する車両の車頭時間間隔は指数分布しているものとする。

(2) 渋滞時の車頭間隔

料金所手前等で渋滞のため待行列ができている場合の車頭間隔 y (m) と大型車混入率 x (%) の間には、次の関係がある。

$$y = 0.12 x + 6.4 \text{ (m)} \quad (0 \leq x \leq 75)$$

7. 実測値とシミュレーション結果との比較

図一 1 は丘の周辺において見通しの良い位置と悪い位置について、実測値とシミュレーション結果とを比較したものである⁵⁾。かなりバラツキはあるが、一般に用いられている等間隔モデルと比較すれば、精度は良い。

8. まとめ

道路交通騒音は、本報告に紹介したシミュレーション法によって、かなりの精度で予測することができるが、なお、以下に述べる点について、さらに調査研究することが必要である。

- (1) 個々の自動車のパワーレベルの低下の状態を考慮すること
- (2) より多くの条件について、減衰係数 K の値を調査すること
- (3) シミュレーションの結果を用いて簡便な計算表（またはノモグラフ）を作成し、計算作業の簡便化を図ること

参考文献

- 1) 日本音響学会：道路交通騒音の予測計算方法に関する研究報告書、(昭 50)
- 2) 建設省土木研究所：土木研究所資料 第 1678 号、(昭 56)
- 3) 金安公造・金泉昭：交通公害 (昭 51), p.71, 技術書院
- 4) 前川純一：日本音響学会誌 18 (昭 37), 4
- 5) 足立義雄・田原嘉和：土木学会誌 (昭 57), 3, p.31