

多地域SDモデル及びメッシュ情報の活用 による道路交通騒音予測システムについて

大阪府公害監視センター 正員 厚 井 弘 志

1 はじめに

公害対策基本法（昭和42年制定）、騒音規制法（昭和48年制定）等の公害関連法令及び地方自治体の公害防止条例の整備により、工場など固定発生源から発生する騒音に対する規制はかなり進み、騒音防止技術もおおむね確立しているといつてよい。

道路交通騒音に関しては、道路交通騒音による被害の著しい地域における市町村長の道路管理者に対する意見具申及び公安委員会に対する交通規制の要請に関する騒音規制法の規定、自動車騒音の許容限度の強化、建設省の要綱に基づく道路沿道の環境整備等による対策が進められているものの、その効果はまだ十分表われていない。

道路交通騒音は道路周辺のみならず都市域における最も影響の大きな騒音源である（表1）。

環境基準の適合率についてみても20%以下と極めて低く、地域計画の策定、道路建設にかかる建設・施行の各段階で、道路交通騒音対策への配慮が強く望まれる所である。

本論は、こうした道路交通騒音による環境汚染の予測及び評価を総合的に行う手法について考察し、またそのシステム化に関する筆者の試みについて述べたものである。

表1 地域環境騒音の音源別寄与率

Noise Sources	Contribution Ratio (%)	
	Day	Night
Factory	8.8	5.0
Automobile	51.2	54.5
Construction	5.2	0.0
Rail Way	2.8	7.0
Air Craft	4.8	2.2
Store	0.2	0.0
Man	8.0	2.0
Others	5.8	4.8
None	13.2	24.6

2 システムの機能及び構成

地域計画、環境管理計画等策定支援システムが具備すべき諸機能に関しては多く論じられており、問題の認識、予測・評価、合意形成といった各ステージで、様々な手法が提案されている。²⁾

本システムの機能については、本システムがこれら上位システムのサブシステムであるとの認識のもとに道路交通騒音に関して、(i)長期的予測 (ii)地域分布予測 (iii)局地汚染予測 (iv)予測結果の検証及び評価が行なえるよう配慮した。

システムは ①長期予測モデル ②地域分布予測モデル ③局地汚染予測モデル ④環境情報データファイル ⑤統計解析システム ⑥表示システムで構成される（図1）。

①長期予測モデルは、地域の人口、産業構造、土地利用等の変化に伴う環境汚染の時間的予測を行うために必要なもので、本システムでは計量経済モデルと多地域SDモデルを用いている。多地域SDモデルは人口等の地域配分も同時に行う。

②地域分布予測モデルは、標準メッシュ（第4次区画、500m×500m、大阪府下全体で7,053メッシュ）

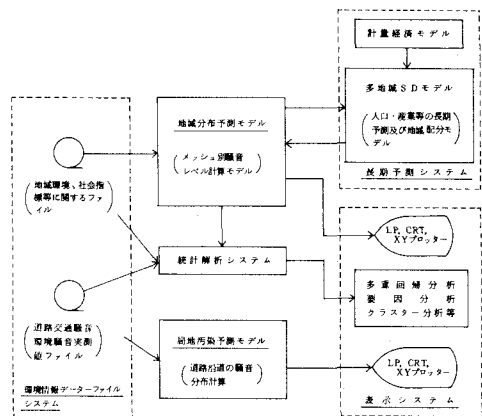


図1 道路交通騒音予測システムの全体構成

をベースとする道路交通や地域環境に関するファイルを用い、メッシュごとにメッシュ内の平均騒音レベル（L50, L90）を計算し、地域分布を把握するための準広域的予測モデルである。上位システムである多地域SDモデルとのシステムの結合を図り、多地域SDモデルで得られる人口・産業等の伸び率から、将来時点での環境汚染の地域分布をも予測する。基礎データは他分野でも使える汎用性のあるものを用いている。

③局地汚染予測モデルは、幹線道路周辺等における騒音分布を、道路条件、交通条件及び道路周辺の建物の配置等の条件ごとに予測計算を行うもので、局地的な汚染解析を行うものである。

④環境情報データファイルシステムは、②の予測で用いる基礎データの他、道路交通騒音、一般環境騒音の実測値等を収納している。

⑤統計解析システムは予測結果の検証や、予測結果と他の社会指標との相関、その他必要な統計解析を行うシステムである。

⑥表示システムは、予測結果を、XYプロッター、グラフィックディスプレイ等の表示媒体を通じて視覚的に把握しやすい形で表示するシステムである。

以上のような構成のもとに、道路交通騒音の時間的・空間的予測に加えて、代替計画や代替工法の評価を始めとする政策シミュレーションが可能なよう配慮した。

3 長期的予測モデル

道路交通騒音の長期予測を行うにおいて、自動車騒音自体の低減技術、電気自動車化率等の将来予測に加えて、地域内発生交通量に関わる地域の社会・経済的諸条件の将来予測を行う必要がある。

本システムでは計量経済モデルによって、産業種別生産額を求め、この結果を基に多地域SDモデルによって、基準年次と予測年次の比率を、地域別居住人口及び地域別業種別従業者数について計算し、乗用車の伸び率は居住人口の伸び率に比例し、大型車の伸び率は製造業従業者数の伸び率に比例するものとして自動車走行量の将来値を推定する。

図1のモデル（言語 Fortran）に加えて、大阪府全体を1地域として騒音予測を行うモデル（言語 Dynamo）もある。³⁾

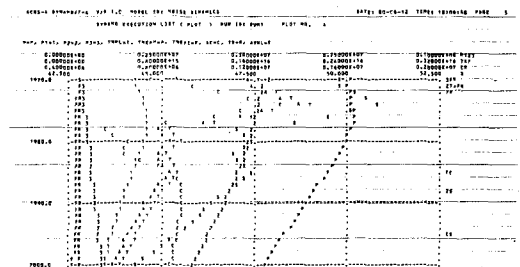


図2 長期予測モデルの予測例

4 地域分布予測モデル

次に標準メッシュをベースにした準広域的な範囲での騒音予測の方法について述べる。

近時、地方自治体における諸計画策定用基礎資料として、多くのメッシュ情報が蓄積されている。ここでは、(i)メッシュ別幹線道路交通走行量 (ii)メッシュ別細街路交通走行量 (iii)メッシュ別業種別工場敷地面積 (iv)メッシュ別用途地域別面積等のファイルを用いて道路交通騒音の大きさを予測する。

ところで、一定の地域を代表する騒音の大きさ（以下環境騒音という）を予測する手法としては、(i)環境騒音の大きさを目的変数とし、道路面積率や工場面積率等の環境要因を説明変数として多変量解析を用いて予測する方法、⁴⁾ (ii)騒音レベルの分布にワイブル分布をあてはめて予測する方法⁵⁾などが提案されている。

しかしながら、地域内発生交通量の変化や、自動車騒音自体の低減技術の進歩等を考慮に入れながら将来予測を行う立場からは、上述の方法は適さないと考えられる。

したがって本システムでは図3に示す如く、自動車及び工場から発生する音響エネルギーを直接推定し、その結果から騒音評価量 L_{α} （ α パーセンタイル値、例えば、 L_{50} ＝中央値）に換算する方法をとった。

(1) 基本モデル

このモデルは、EPAモデル⁶⁾を基本としたもので、メッシュ内において、等パワーの音源が様に分布しているものと仮定する(図4-(b))。

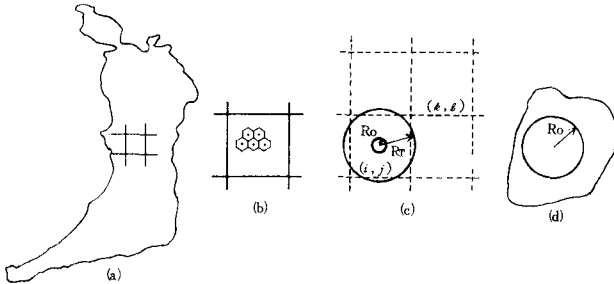


図4 地域分布予測モデル(基本モデル)

まず図4-(d)において、最寄の音源の影響を除外し、 R_0 (音源1つあたりが占有する平均面積と等価な面積を持つ円の半径)の円の外では音源が連続的に分布していると仮定し、その和 J (音響エネルギー)を求めると、⁶⁾

$$J = \frac{W}{\pi R_0^2} \int_{R_0}^{\infty} \frac{e^{-mr}}{r} dr \quad (1)$$

ただし、 W は音源1個当たりのパワー、 m は単位長さ当りの建物による減音も含めた吸音係数である。

次に、 $500m \times 500m$ のメッシュと等面積の円の半径を $R_T (= 500/\sqrt{\pi})$ とすると、

$$J = \frac{W}{\pi R_0^2} \int_{R_0}^{R_T} \frac{e^{-mr}}{r} dr + \frac{W}{\pi R_0^2} \int_{R_T}^{\infty} \frac{e^{-mr}}{r} dr \quad (2)$$

$$= \frac{W}{\pi R_0^2} \{ E(mR_0) - E(mR_T) \} + \frac{W}{\pi R_0^2} \int_{R_T}^{\infty} \frac{e^{-mr}}{r} dr \quad (3)$$

ただし、 $E(ax)$ は積分指数関数。

式(3)の第2項は、対象メッシュの周辺に存在するメッシュの影響分であるから、近似的に、

$$\frac{W}{\pi R_0^2} \int_{R_T}^{\infty} \frac{e^{-mr}}{r} dr \div \sum_k \sum_{\ell} \frac{P(k, \ell)}{2\pi d^2} e^{-md} \quad (4)$$

ただし、 $P(k, \ell)$ は対象メッシュ周辺に存在するメッシュの音響パワー、 d はメッシュ間の距離である。騒音評価量 L_α への変換補正量 ΔJ_α は、⁶⁾

$$\Delta J_\alpha = \frac{W}{\pi R_0^2} \cdot \frac{50}{\alpha} e^{-m\sqrt{\frac{\alpha}{100}} R_0} \quad (5)$$

で与えられるから、結局第 (i, j) 番目のメッシュの、騒音評価量 L_α (dB(A))に相当する音響エネルギー $J_\alpha(i, j)$ は

$$J_\alpha(i, j) = P(i, j) \left\{ E(mR_0) - E(mR_T) + \frac{50}{\alpha} e^{-m\sqrt{\frac{\alpha}{100}} R_0} \right\} + \sum_k \sum_{\ell} \frac{P(k, \ell)}{2\pi d^2} e^{-md} \quad (6)$$

ただし、 $P(i, j)$ は第 (i, j) 番目のメッシュの音響パワーの総量、 $P(k, \ell)$ は第 (i, j) 番目メッシュ周辺メッシュの音響パワーの総量($i \neq k, j \neq \ell$)、 d は第 (i, j) 番目のメッシュと第 (k, ℓ) 番目のメッシュ間の距離である。

式(6)より、第 (i, j) 番目のメッシュの平均騒音レベル L_α は、

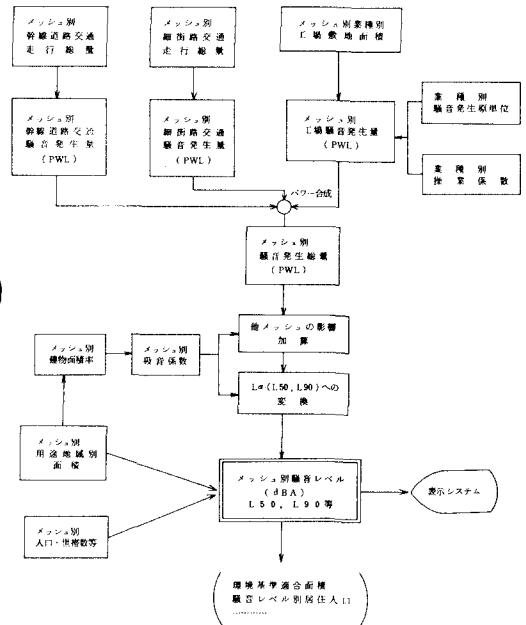


図3 地域分布予測モデル

$$L\alpha = 10 \log J\alpha_{(i,j)} \quad (7)$$

として求められる。

(2) メッシュ内総音響パワーの算出

式(6)のメッシュ内音響パワーの総量の算出は以下により行う。

幹線道路交通から発生する音響パワーは、メッシュごとに得られた幹線別車種別走行量ファイル（交通情勢調査を基に作成したもの）から、昼間の一時間断面における自動車存在台数を求め、次式から計算される音響パワーを乗じて求める。

$$Lw = L + 0.2V + 10 \log(a_1 + \epsilon a_2) \quad (8)$$

ただし、 Lw は車両一台当りのパワーレベル（dB(A)）、 L は、現行車両では87.0、第2段階規制車両では86.0で与えられる定数、 V は走行速度、 a_1 及び a_2 はそれぞれ小型車類及び大型車類の混合率（ $a_1 + a_2 = 1$ ）、 ϵ は現行車両では10.0、第2段階規制車両では5.0で与えられる係数。

細街路交通から発生する音響パワーは、表2に示す算出式⁷⁾により得られるメッシュ別走行量から、上述の方法と同様にして求める。

表2 細街路交通走行量の算出方法⁷⁾

地 域 系	パラメータ(x)	算 出 式 (y:台km/12h/ha)
住 居 系 地 域	細街路面積(m ² /ha)	$y = 0.05864x + 2.196 \times 10^{-5}x^2$
商業系地域	全道路面積(m ² /ha)	$y = 0.02972x + 8.463 \times 10^{-5}x^2$
	幹線面積(m ² /ha)	$y = -0.1054x + 436.985$
	幹街路面積(m ² /ha)	$y = 0.3803x - 190.178$
	細街路面積(m ² /ha)	$y = 0.01048x + 5.718 \times 10^{-5}x^2$
工業系地域	人口(人/ha)	$y = 0.9494x + 18.31\sqrt{x} + 0.705$

こうして求めた自動車から発生する音響パワーに、工場等から発生する音響パワー（計算方法については文献8を参照）を加え（パワー合成）メッシュ内の総音響パワーを求める。

(3) 実測値との比較

一般に環境騒音の大きさは発生源からの距離、障害物の有無により、場所的に大きく変動する。したがって上述の方法によって求めた計算値と比較する実測値としては、メッシュ内の騒音を代表するよう考慮されたものを用いる必要がある。

一定の地域の騒音を表わすのに何地点の測定が必要であるかについては議論があるが、同一メッシュ内で5地点以上の測定値があるものの平均値と計算値を比較すると図5のようになる。相関係数は0.734であり、おおむね満足できる結果である。

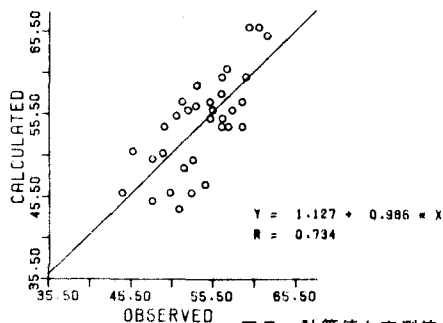


図5 計算値と実測値の比較
〔L50について、単位dB(A)〕

5 局地汚染予測モデル

局地汚染予測モデルは、(i)道路条件（道路構造、勾配、直線・曲線の区分等）、(ii)交通条件（車種別交通量、車速等）、(iii)道路周辺の条件（障壁・建物の高さ、配置、地表面の条件等）に応じて、道路周辺の局地的な騒音汚染を予測するものである。局地汚染予測モデルの機能を表3に、全体構成を図6に示す。

このモデルの特徴としては、表3に示す機能を用いて種々の代替工法の比較検討が容易に行えること、実測値ファイル(MT)を入力し計算値との

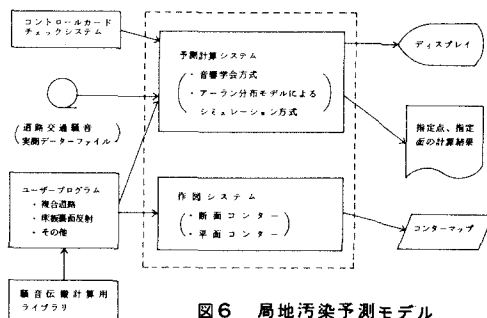


図6 局地汚染予測モデル

照合がオンラインで行なえること、複雑な障害物による回折、地表面による反射・吸収等に関する騒音伝搬計算用サブルーチンライブラリが活用でき、またこれを用いて作成したユーザープログラムと予測計算及び作図システムが結合できること等が上げられる。

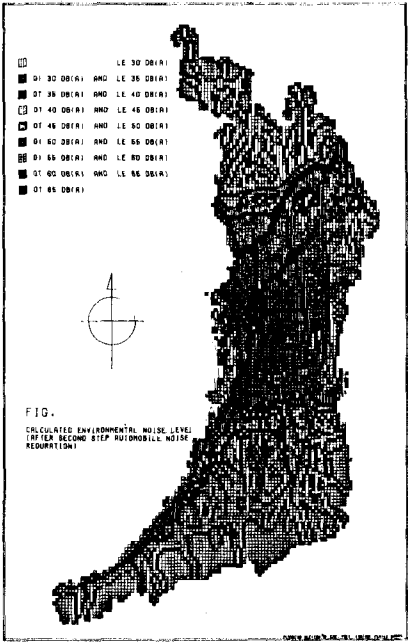
6 出力表示例

上述の各モデルの予測計果の図形表示例を図2、7及び8に示す。図2は長期予測モデルの予測例、図7は地域分布モデルの出力例で、(a)三色のカラーボールペンで濃淡表示したもの、(b)角柱グラフで表示したもの及び(c)スコア表示したものである。

図8は局地汚染予測モデルの出力例である。

表3 局地汚染予測モデルの機能

基本方式の 計算方式等	音響学会推奨方式	アーラン分布を用いた シミュレーション方式
回折計算の方式	音響学会方式	Kurze の函数近似、 湯沢の方式他
地表面による吸音補正 の方式	音響学会方式	Ray Theory と Wave Theory に基づく補正
計算値の区分	L50	L50 及び Leq
車 種 分 類	2 種及び 8 種分類	
音源パワーの分類	現状値及び規制値	
直線・曲線道路の区分	直 線 道 路	直線道路及び曲線道路
道路構造の区分	平坦、盛土、切土及び高架(中分間及び中分間)	
障 壁 の 区 分	無限長一重壁・ 多重壁	無限長一重壁・多重壁、 有限長壁、有限長空隙他
出 力 形 態	指定点及び断面 コンター	指定点、断面コンター 及び平面コンター
出 力 媒 体	ラインプリンター、XYPLOTter 及びグラ フィックディスプレイ(入力条件チェック のみ)	
そ の 他 の 機 能	○ 実測値ファイル(MT)を入力し、実測 条件に合った計算値の出力 ○ 伝搬計算用サブルーチンライブラリ の利用による複雑な回折計算、床板による 反射、複合道路の重合等	

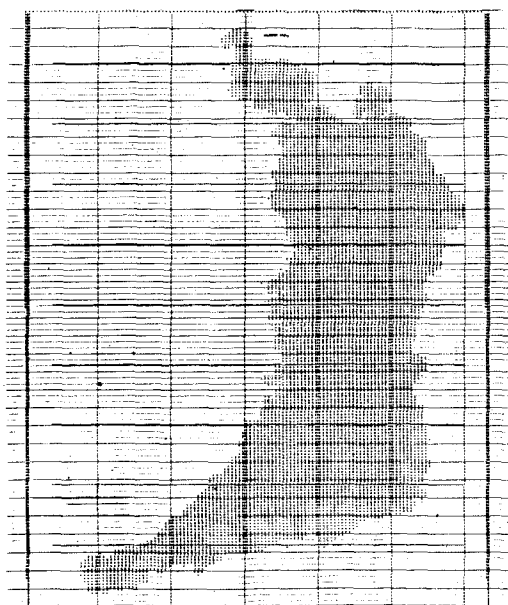


(a) XYプロッターによる三色カラー濃淡表示例



(b) XYプロッターによる角柱表示例

図7 地域分布モデルの出力例



(c) ラインプリンターによるスコア表示例

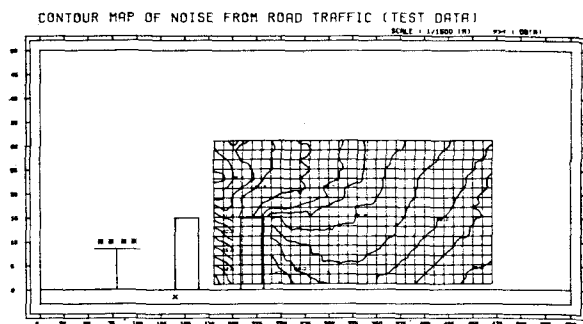


図8 局地汚染予測モデルの出力例

7 おわりに

最後に、本システムの作成にあたり、貴重な御助言等を賜った京都大学工学部高木助教授、大阪府公害監視センター中村騒音検査課長及び青井、笈西両氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 昭和54年版環境白書
- 2) 松崎功保、地域計画におけるコンピューターの利用、ジュリスト、No.707, 1980.10
- 3) 厚井弘志、地域環境騒音の現況解析及び予測システムについて、第2回京都大学環境衛生工学シンポジウム、1980.8
- 4) 青木賢司他、環境騒音の評価と予測に関する研究、音響学会講演論文集、昭和51年10月
- 5) 西宮元、任意の環境騒音におけるワイブル分布のあてはめによる L_{eq} の推定、音響学会誌 35,10 (1979)
- 6) 高木興一、環境騒音の把握に関するいくつかの問題点とその考察、環境技術、8,10 (1979)
- 7) 赤坂俊夫他、細街路交通量の算定手法について(第2報)、大気汚染学会講演要旨集、昭和55年11月