

京都大学工学部 正 高 木 興 一
京都大学工学部 正 山 本 剛 夫

1. はしがき

環境騒音を予測するための手法として、われわれは今までに、点音源モデル^{1), 2)}、地域特性を考慮したモデル²⁾、重回帰モデル²⁾などについて検討を加えてきた。今回は、観測点にもっとも近い音源の影響を重視する、最近接音源モデルを考え、計算値と実測値との対応を検討したので報告する。

2. 最近接音源モデル

平面上に、音響パワーの等しい点音源が、単位面積あたり、平均 λ 個でランダムに分布しているとする。図1のように、高さ h の観測点 P から、平面へ下した垂線の足を O とする。 O から、もっとも近い音源までの距離 r は、確率変数となるが、その密度関数 $f(r)$ は、 λ をパラメーターとして含む、次の(1)式で与えられる。

$$f(r) = 2\pi r \lambda e^{-\pi \lambda r^2} \quad (1)$$

P 点での音の強さ I は、全音源からの音の強さの和で求められるが、近似的に、観測点に最も近い音源からの音の強さのみを考えると、

$$I = \frac{W}{2\pi} \cdot \frac{1}{h^2 + r^2} \quad (2)$$

となる。ただし、 W は音源の音響パワーで、そのパワーレベルを PWL とする。 I の平均 $\bar{I}$ は、(1)式の $f(r)$ を用いると、

$$\bar{I} = \int_0^{\infty} \frac{W}{2\pi} \cdot \frac{1}{h^2 + r^2} f(r) dr = \frac{W}{2} \lambda e^{\pi \lambda h^2} E_1(\pi \lambda h^2) \quad (3)$$

となる。ただし、 $E_1(\pi \lambda h^2)$ は積分指数関数である。したがって、 L_{eq} は、 $10 \log_{10} \bar{I}/I_0$ ($I_0: 10^{-12}$ watt/m²)により、

$$L_{eq} = PWL - 3 + 10 \log_{10} \lambda + 10 \log_{10} E_1(\pi \lambda h^2) + \frac{10}{\ln 10} \pi \lambda h^2 \quad (4)$$

で与えられる。次に、 L_x は最近接音源の位置 r_x を考えることにより、次のように求めることができる。

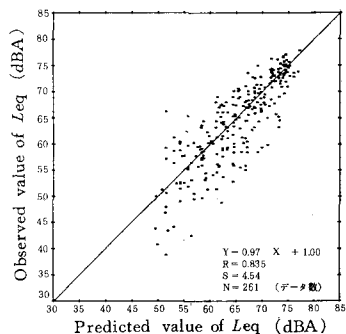


図2 各観測点での L_{eq} の予測値と実測値 ($R_0 = 30$ m)

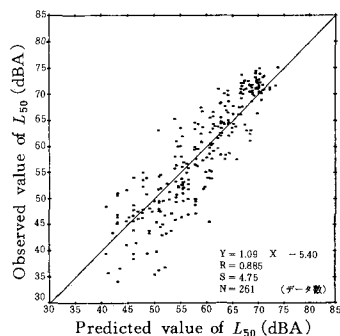


図3 各観測点での L_{50} の予測値と実測値 ($R_0 = 30$ m)

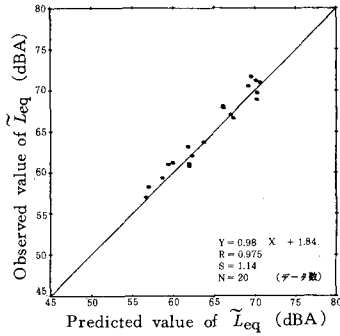


図4 メツシュを代表する騒音のレベル $\tilde{L}_{eq}$ の予測値と実測値 ($R_0 = 30$ m)

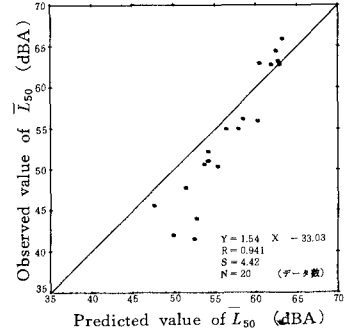


図5 メツシュを代表する騒音のレベル $\tilde{L}_{50}$ の予測値と実測値 ($R_0 = 30$ m)

すなわち、 L_x を与える音源の位置 r_x (0からの距離)は、次の(5)式から求められる。

$$\int_0^{r_x} f(r) dr = \frac{x}{100} \quad (5)$$

すなわち

$$r_x = \frac{1}{\sqrt{\pi \lambda}} \sqrt{\ln \frac{1}{1 - \frac{x}{100}}} \quad (6)$$

となる。したがって L_x は次式で表わされる。

$$L_x = PWL - 8 - 10 \log_{10} \left[\lambda^2 + \frac{1}{\pi \lambda} \ln \frac{1}{1 - \frac{x}{100}} \right] \quad (7)$$

3. 各観測点における騒音レベルの予測

PWL と λ の値が定まれば、(4)式、(7)式により、各観測点ごとに、 L_{eq} 、 L_x を予測することができる。種々の検討の結果、以下では、 PWL は97 dBを採用した。実測は京都市内で行ったが、 λ の値は観測点を中心に、半径 R_0 (m)の円内に含まれる車の台数から計算した。 R_0 としては、20 mから90 mの範囲で検討を行ったが、実測値との対応がよい、 $R_0 = 30$ mを用いた。図2は L_{eq} と L_{50} について、各測定点ごとの予測値と実測値との対応を示したものである。図中の R は相関係数、 S は実測値の、予測値からのずれの自乗の平均値の平方根をとった値、 N はデータ数、 $Y = aX + b$ で表わされている式は、回帰式(Y :実測値、 X :予測値)である。

4. メツシュを代表する騒音レベルの予測

京都市において、500 m×500 mメツシュを20個えらび、各メツシュ内において、測定点をランダムに25地点として、 L_{eq} と L_{50} の値を実測した。メツシュを代表する騒音レベルとして、25地点での値の L_{eq} のパワー平均 $\tilde{L}_{eq}$ 、 L_{50} の算術平均 $\bar{L}_{50}$ をここでは考えることにする。これらに対応する予測値は、それぞれ次のようにして求めた。 $\tilde{L}_{eq}$ は25地点ごとに、半径30 mの円内に含まれる音源数から計算した λ の値を用いて、(4)式から L_{eq} を計算し、そのパワー平均値を求めた。 $\bar{L}_{50}$ についても同様に、半径30 mの円内に含まれる音源数から求めた λ の値を用いて、(7)式から L_{50} を計算し、その平均値を求めた。ただし、半径30 m以内に音源が存在しない測定点については、500 m×500 mメツシュに含まれる音源数から計算した λ の値を用い、条件つき分布を考えることによって、 L_{eq} 、 L_{50} を求めた。たとえば、 L_{50} の場合、半径30 m以内に音源が存在しないという条件のもとで、音源が0点から r'_{50} の位置に存在する確率が50/100となるような r'_{50} を用いて L_{50} を求めた。図3はこのようにして計算した $\tilde{L}_{eq}$ 、 $\bar{L}_{50}$ について計算値と実測値との対応を示したものである。表1は、今までに、われわれが用いたモデルによる、予測値と実測値との相関係数を示したものである。 L_{eq} については、今回のモデルによるものがよい対応を示している。文献) 1)高木他、2)高木他、土木学会35,37年次学術講演会

表1 各種モデルにおける予測値と実測値との相関係数

モデル名	$\tilde{L}_{eq}$	$\bar{L}_{eq}$	$\bar{L}_{50}$
最近接音源モデル	0.975	0.931	0.941
点音源モデル	0.924	0.865	0.903
重回帰モデル	—	0.916	0.937
地域特性を考慮したモデル	—	0.918	—

$\tilde{L}_{eq}$: L_{eq} のパワー平均 $\bar{L}_{eq}$: L_{eq} の算術平均 $\bar{L}_{50}$: L_{50} の算術平均