

(株) 総合技術コンサルタント 正会員 ○新堂晴彦
 “ 正会員 三宅龍雄
 建設省 土木研究所 正会員 足立義雄
 “ 石田稔

1. まえがき 独立な確率変数の和の分布関数は各々の分布関数の合成積で計算できる。これに基づいて指数分布モデルによる道路交通騒音の音圧レベル分布の計算手法を示した。さらに相対的な交通密度を表わす指標(距離/車頭間隔)を変数とした $L_x - L_{eq}$ の変動性状を計算し沿道建物周辺などの実測値と適合性を調べた。

2. レベル分布合成法¹⁾ 一車線上を走行する自動車の車頭間隔が平均 d の指数分布に従う場合、図1のように長さ T の区間に n 台の車が存在する確率は平均 $\lambda = T/d$ のポアソン分布 $P_\lambda(n) = \lambda^n \cdot e^{-\lambda} / n!$ で与えられる。したがってこの区間 T から生ずる音圧レベル(x)の分布関数 $F_\lambda(x)$ は次のようになる。

$$F_\lambda(x) = \sum_{n=0}^{\infty} P_\lambda(n) \cdot F^{(n)}(x) \quad (1)$$

ただし、 $F^{(n)}(x)$ は区間 T 内の n 台の車による音圧レベルの分布関

数である。指数分布モデルでは各車の位置は互いに独立であること 図1 指数分布モデルにおける模式図から、 n 台の車による音圧レベルに対応する音の強さの分布関数 $G^{(n)}(y)$ は、 $n = n_1 + n_2$ として、 $G^{(n_1)}$ と $G^{(n_2)}$ との合成積で与えられる。分布関数 $F^{(n)}$ の値を等レベル間隔 Δx の音圧レベル $x_k = x_{k-1} + \Delta x$ ($k=1, 2, \dots$)で求めるものとすれば、対応する等比間隔の音の強さ $y_k = 10^{x_k/10-12} = r \cdot y_{k-1}$ において以下の合成積計算によって算出すればよい。

$$F^{(n)}(x_k) = G^{(n)}(y_k) = G^{(n_1)} * G^{(n_2)}(y_k) \quad (n = n_1 + n_2)$$

$$= \sum_i \sum_j P_i^{(n_1)} \cdot P_j^{(n_2)} \cdot H_i * H_j(y_k) \quad (2)$$

ただし、 $G^{(1)}$ は次式のような折れ線近似で与えるものとする。(図2参照)

$$G^{(1)}(y) = \sum_k P_k^{(1)} \cdot H_k(y) \quad (3)$$

$$P_k^{(1)} = \Pr\{y_{k-1} < Y^{(1)} < y_k\} = G^{(1)}(y_k) - G^{(1)}(y_{k-1})$$

$$H_k(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq y_{k-1} \\ (y - y_{k-1}) / (y_k - y_{k-1}) & ; y_{k-1} < y \leq y_k \\ 1 & ; y > y_k \end{cases} \quad (4)$$

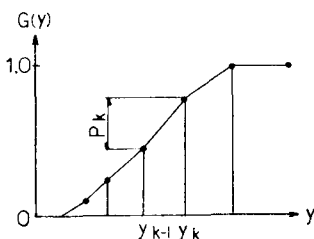
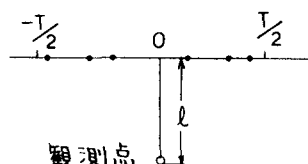


図2 分布関数の近似

式(2)中の合成積 $H_i * H_j(y_k)$ は音の強さの区間 (y_{i-1}, y_i) と区間 (y_{j-1}, y_j) にそれぞれ独立に一様分布する確率変数 Y_i と Y_j の和が y_k 以下になる確率を与えるものであり、 $i \geq j$ の場合を考えると $r = 10^{\Delta x/10}$ として次式で与えられる。

$$H_i * H_j(y_k) = \begin{cases} 0 & ; y_k \leq y_{i-1} + y_{j-1} \\ (r - r^{i-k} - r^{j-k})^2 r^{2k-i-j} / 2(r-1)^2 & ; y_{i-1} + y_{j-1} < y_k \leq y_{i-1} + y_j \\ (2r - 2r^{i-k} - r^{j-k+1} - r^{j-k}) r^{k-i} / 2(r-1) & ; y_{i-1} + y_j < y_k \leq y_i + y_{j-1} \\ 1 - (r^{i-k+1} + r^{j-k+1} - r)^2 r^{2k-i-j} / 2(r-1)^2 & ; y_i + y_{j-1} < y_k \leq y_i + y_j \\ 1 & ; y_k > y_i + y_j \end{cases} \quad (5)$$

したがって、 $n=1$ の場合の分布関数 $F^{(1)}$ が定まれば合成積を繰返すことによって $F^{(n)}$ が得られる。

任意の1台の車が区間 T を定常走行するときその音圧レベルの分布関数 $F^{(1)}$ は、パワーレベル(PWL)と伝搬

減衰量の各分布関数 F_{PWL} と F_{ATT} との合成種で表わされる。

$$F^{(1)}(x) = F_{PWL} * F_{ATT}(x) \quad (6)$$

いま、自動車を点音源とみなし障壁のない自由空間を伝搬するものと仮定すると F_{ATT} は次式で表わされる。

$$F_{ATT}(x) = \begin{cases} 0; & x < -10 \log_{10} 4\pi \{ \ell^2 + (T/2)^2 \} \\ 1 - 2/T \sqrt{1/4\pi 10^{x/10} - \ell} & ; -10 \log_{10} 4\pi \{ \ell^2 + (T/2)^2 \} \leq x \leq -10 \log_{10} 4\pi \ell^2 \\ 1; & x > -10 \log_{10} 4\pi \ell^2 \end{cases} \quad (7)$$

ただし、 ℓ は道路中心から受音点までの距離である。

回折減衰を含む場合は容易に F_{ATT} の解析解を求められる。このときには対象道路区間に観測点からの等見込み角度毎に点音源を配置し、各音源の配置間隔と観測点までの減衰量の数値計算結果から F_{ATT} を求めるとよい。なお、 F_{PWL} は一般に正規分布に従う確率変数と考えられる。車種混入を考慮する場合は混入率に応じた分布合成計算から求められる車種別の音圧レベル分布を再度合成すればよい。

3. $L_x - L_{eq}$ の数値計算 音圧レベル分布の合成計算式

(1)を用いて $L_x - L_{eq}$ の変動特性を調べた。分布関数 $F^{(n)}(x)$ は任意の等レベル間隔で求められるが本文では0.5dB間隔で求めた。計算条件として対象道路区間を20kmにとり車種構成を大型車混入率が15%の2車種分類とし、各車種のPWLは標準偏差が4dBの正規分布に従うものとした。なお、大型車の平均PWLは小型車よりも10dB大きく設定した。

横軸に ℓ/a をとり、障害物のない地区の平面道路における $L_x - L_{eq}$ の変動性状を図3に示した。計算値と実測値とはよく対応しており、 ℓ/a が増大するにつれてレベル分布幅が小さくなっているのかわかる。

図4に示す沿道建物周辺の観測点では、道路上に点音源を1°の等角度間隔に配置して F_{ATT} の数値計算を行った。ここで伝搬減衰量の計算の際には、建物上からの回折波の他に建物側面からの回折波も含めた。なお、回折減衰量の算定には前川の実験曲線を使用したか建物の厚さを考慮してKurze²⁾による2回回折の補正を行った。図5は建物背後の相対 L_x を示したものであり図3の開放部における L_x と比べてレベル分布幅が狭くなり、計算値は実測値とよく一致している。

図4に示す沿道建物周辺の観測点では、道路上に点音源を1°の等角度間隔に配置して F_{ATT} の数値計算を行った。ここで伝搬減衰量の計算の際には、建物上からの回折波の他に建物側面からの回折波も含めた。なお、回折減衰量の算定には前川の実験曲線を使用したか建物の厚さを考慮してKurze²⁾による2回回折の補正を行った。図5は建物背後の相対 L_x を示したものであり図3の開放部における L_x と比べてレベル分布幅が狭くなり、計算値は実測値とよく一致している。

参考文献¹⁾ 足立義雄、他；土木学会 第10回環境問題シンポジウム(1982)、P100

2) U. J. Kurze; J. A. S. A., Vol. 55, No. 3, (1974), P505

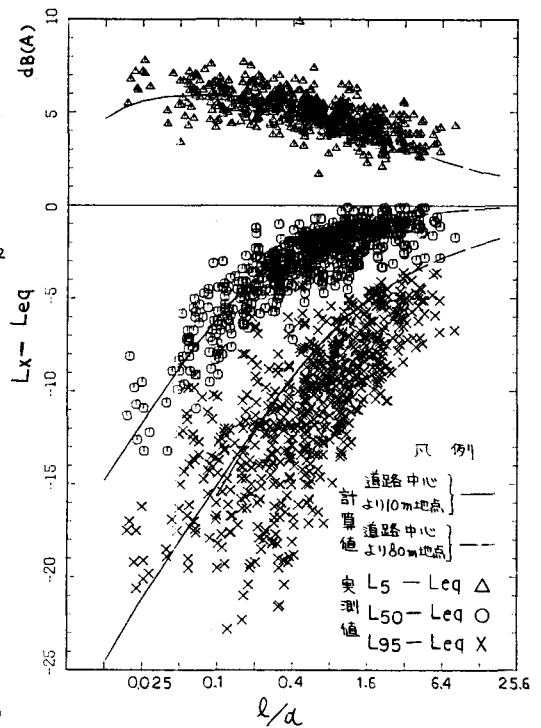


図3 $L_x - L_{eq}$ と ℓ/d の関係(平面道路)

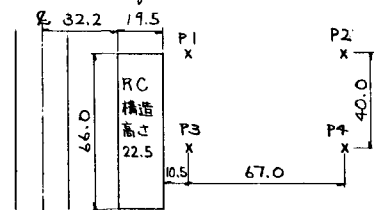


図4 沿道建物周辺位置図(平面図)

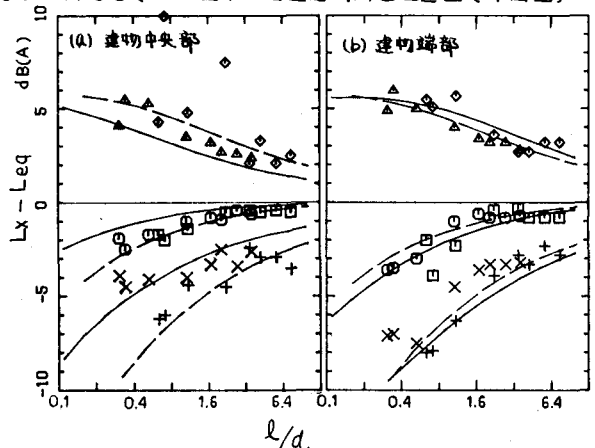


図5 $L_x - L_{eq}$ と ℓ/d の関係(沿道建物周辺)

観測点	実測	計算
P1, P3	△	○
P2, P4	◇	□
		+