

各種交通機関の複合騒音の予測モデル

名古屋大学 正員 青島 綱次郎

1 はじめに

新交通システムの導入に際して道路上への併設を考えた場合に、新交通機関の騒音と道路交通騒音の複合騒音が問題となる。さらに、局地的に鉄道騒音が加わったような場合に、その予測は複雑化する。本報告では、そうした各種交通機関の複合騒音の予測モデルを検討した。予測する指標として、ひとつは中央値、 L_5 、ピーク値について、ふたつには等価騒音レベル(Leq)について検討した。なお、予測手順の出発点として、予測しようとする地点における道路交通騒音の分布形および新交通機関騒音あるいは鉄道騒音のピーク値、その継続時間は既知のものとする。

2. 中央値 L_5 、ピーク値の予測

2-1 新交通機関騒音と道路交通騒音の複合

(1) 中央値

今、予測しようとするある地点における新交通機関騒音および道路交通騒音の分布形 $f(x)$ (右図) が得られているものとする。この時、新交通騒音の発生時間確率を PL_N とすると次のようになる。

$$PL_N = \frac{M_N \times T_N}{3600} \quad \text{-----}(1)$$

そして、新交通機関騒音が発生した状態で、なおかつ、その時の道路交通騒音 L_v との複合騒音 L_c

$$L_c = 10 \log_{10} (10^{\frac{L_v}{10}} + 10^{\frac{L_N}{10}}) \quad \text{-----}(2)$$

が中央値の変動に寄与する時間確率 PL_{v50a} は次の

$$PL_{v50a} = P(L_c > L_{v50} | L_v < L_{v50}) \quad \text{---}(3)$$

ようになる。くり返すならば、道路交通騒音 L_v がその中央値 L_{v50} より小さい値を示している状態で L_v と新交通機関騒音 L_N との複合騒音 L_c が L_{v50} よりも大きな値を示す発生時間確率が PL_{v50a} である。

ところで新交通機関騒音の発生と道路交通騒音の指示値とは独立であると仮定できるので、全時間について、中央値を変動させる時間確率 PL_T は次のような時間確率の積となる。

$$PL_T = PL_N \times PL_{v50a} \quad \text{-----}(4)$$

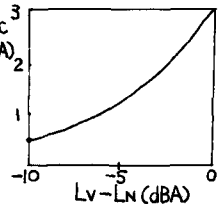
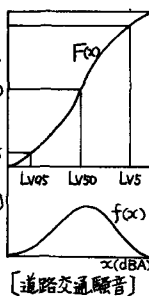
したがって、道路交通騒音の中央値付近での騒音値の % に対する勾配 ΔL_{v50} (dBA/%) がわかれば、複合された騒音分布の新たな中央値 L_{50} は次のように計算される。

$$L_{50} = L_{v50} + \Delta L_{v50} \times PL_T \quad \text{-----}(5)$$

この(5)式が複合騒音の中央値の予測式である。ところで、煩雑なのは PL_{v50a} である。この値は $L_N - L_{v50}$ との大小関係で変化する。一般に二種の騒音、ここでは新交通機関騒音 ΔL_c^3 と道路交通騒音がある時 (dBA) ₂ 点で同時に生じた時の騒音の増分は右図のような関係にある。この図の場合、 L_v の方が大きい状態を想定しており、したがって増分 ΔL_c は L_v に加えられるものである。

ここで、この関係を概略して右表のようにするならば、 PL_{v50a} は次のようになる。

$$PL_{v50a} = 0 \quad \text{-----} L_N < L_{v50} - 9$$



$L_v - L_N$	-9~-4	-3~-2	-1~0
ΔL_c	1	2	3

$$\begin{aligned}
 PL_{V50a} &= P(L_{V50-1} \leq L_V \leq L_{V50}) \\
 &\cdots L_{V50-9} \leq L_N < L_{V50-3} \\
 &= P(L_{V50-2} \leq L_V \leq L_{V50}) \\
 &\cdots L_{V50-3} \leq L_N < L_{V50-1} \\
 &= P(L_{V50-9} \leq L_V \leq L_{V50}) \\
 &\cdots L_{V50-1} \leq L_N < L_{V50} \\
 &= P(L_V \geq L_{V50}) = 0.5 \\
 &\cdots L_N > L_{V50}
 \end{aligned}
 \quad \text{----(6)}$$

(2) L_5

L_5 の場合も中央値とまったく同様に次式を得

$$L_5 = L_{V5} + \Delta L_{V5} \times P_{LN} \times P_{LV5a} \quad \text{----(7)}$$

る。ここで P_{LV5a} は (6) 式の最後の式を除けばすべて L_{V50} を L_{V5} に置き換えた値である。そして

$$P_{LV5a} = 0.95 \quad \cdots L_N > L_{V5} \quad \text{----(8)}$$

である。

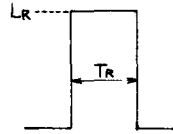
(3) ピーク値

ピーク値は (2) 式で求める。このとき L_V は最大値を選ぶ必要がある。

2-2 さらに鉄道騒音が加わった場合

鉄道騒音の発生時間確率は次式のようになる。そして、場合

$$P_{LR} = \frac{M_{RX} T_R}{3600} \quad \text{----(9)}$$



ピーク値 L_R
継続時間 T_R
往復運行頻度 M_{RX}
[鉄道騒音]

を次の3つに分ける、すなわち (i) 新交通機関騒音のみ $\rightarrow$ ピーク値は $L_N \rightarrow$ 発生時間確率は $P_{LN}(1 - P_{LR})$, (ii) 鉄道騒音のみ $\rightarrow L_R \rightarrow P_{LR}(1 - P_{LN})$, (iii) 両者が同時に発生 $\rightarrow 10 \log_{10}(10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_R}{10}}) \rightarrow P_{LN} \times P_{LR}$ である。この3つの場合について、中央値については PL_{V50a} , L_5 については PL_{V5a} を計算し、それぞれに発生時間確率を乗じて総和すれば P_{LT} が求まり、(5) 式あるいは (7) 式に代入することにより L_{50} , L_5 は求まる。ピーク値については、(iii) の場合について、やはり (2) 式に代入して求めることができる。

3. Leq の予測

3-1. 新交通機関騒音と道路交通騒音の複合

新交通機関騒音の発

生時間確率 P_{LN} は (1)

式で得られる。また

道路交通騒音が x から $x+dx$ にある確率は $f(x)dx$ である。さて 道路交通騒音が x から $x+dx$ にあるときに新交通機関が通過する確率は $P_{LN} f(x)dx$ となり そのときのエネルギー和は $(10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_R}{10}}) \cdot I_0$ (I_0 は基準エネルギー) となる。したがって、 L_N が生じているときのエネルギー和の期待値 E_1 は

$$E_1 = \int_{-\infty}^{\infty} (10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_R}{10}}) P_{LN} f(x) dx \quad (1/I_0) \quad \text{----(9)}$$

となる。また、 L_N が生じていないときのエネルギーの期待値 E_2 は次のようになる。したがって

$$E_2 = \int_{-\infty}^{\infty} 10^{\frac{L_R}{10}} (1 - P_{LN}) \cdot f(x) dx \quad (1/I_0) \quad \text{----(10)}$$

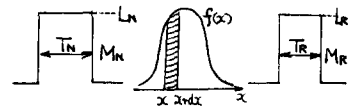
全時間を通じたエネルギー和の期待値 E はこの両者を加え合わせればよい。そして この E をレベル変換すれば 次式のような Leq が得られる。

$$Leq = 10 \log_{10} \int_{-\infty}^{\infty} (10^{\frac{L_N}{10}} + P_{LN} \cdot 10^{\frac{L_R}{10}}) \cdot f(x) dx \quad \text{----(11)}$$

3-2. さらに鉄道騒音が加わった場合

上述と同様の

手順で次式が得られる。

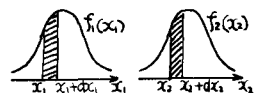


$$Leq = 10 \log_{10} \int_{-\infty}^{\infty} (10^{\frac{L_N}{10}} + P_{LN} 10^{\frac{L_R}{10}} + P_{LR} 10^{\frac{L_R}{10}}) \cdot f(x) dx \quad \text{----(12)}$$

3-3. 道路交通騒音とうしが重なった場合

この場合には 次式の

ような二重積分となる。



$$Leq = 10 \log_{10} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_R}{10}} + P_{LN} 10^{\frac{L_R}{10}}) f_1(x_1) f_2(x_2) dx_2 dx_1 \quad \text{----(13)}$$

さらに新交通機関騒音が加わった場合はこうなる。

$$Leq = 10 \log_{10} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_R}{10}} + P_{LN} 10^{\frac{L_R}{10}}) f_1(x_1) f_2(x_2) dx_2 dx_1 \quad \text{----(14)}$$