

道路交通騒音のための等価騒音レベルの計算法について

On a Calculation Method of Equivalent Sound Level for Road Traffic Noise

渡辺義則^{*2}・隈清悟^{*3}・寺町賢一^{*4}・浦英樹^{*5}・横田剛平^{*6}

By Yoshinori WATANABE, Shingo KUMA, Kenichi TERAMACHI, Hideki URA, Kouhei MAKITA

1. はじめに

新たな環境基準値（平成 11 年 4 月施行）では、中央値に代わり等価騒音レベルが評価量として採用された。それに伴い日本音響学会から道路騒音の予測モデルが新たに提示されている¹⁾。このモデルは環境アセスメントに利用され適用範囲も広い。しかし、以前（中央値の計算法）の様に必ずしも人が手軽に計算できるようになっていない。

そこで本研究では、適用範囲は自動車が定期的走行する時の都市内の道路沿いの騒音に限られるが、舗装の違い（通常(密粒)舗装、排水性舗装）によらず、①電卓があれば等価騒音レベルを数式又は図を使って簡単に計算できること、②どのような減音対策をとれば、どの程度騒音レベルが減少するか分かりやすいこと、という 2 つの要件を具備する計算法を、以前、著者らが報告した方法²⁾を基礎に考察した。

2. 等価騒音レベルの簡易計算法

自動車が定期的に走行する時の等価騒音レベルを次の前提で導いて、式(1)～(9)に示す。

- ① 観測時間は 1 時間とする。
- ② 車種は大型車類、小型車類に分類する。
- ③ 同一車線上の同一車種の車両は全て一定の速度、一定のパワーレベルで走行し、観測点で同一のタイムパターンをもつ。
- ④ 音響出力の大きさは文献 1 に示された定常走行

時（2 車種分類、車両速度 $40 < V < 140 \text{ km/h}$ ）のものとする。

a) 無限長まで開放された平坦部直線道路区間の場合

$$L_{Gn} = L_{B1} + L_{B2} + L_{B3n} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad (1)$$

b) 平坦部道路区間で道路長が有限な場合

$$L_{2n} = L_{Gn} + C_{FG} + 3 \quad (2)$$

c) 道路端に無限長の壁を設置した場合

$$L_P = L_{B1} + L_{B3n} + L_{B4} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad (3)$$

$$L_{3n} = L_P - C_{D1n} \quad (4)$$

d) 道路端の壁が有限長の場合

$$L_{4n} = L_{3n} + C_H + 3 \quad (5)$$

なお、

$$L_{B1} = 30 \log V + 11.1 + 10 \log Q \quad (6)$$

$$L_{B2} = 10 \log \{4.5A + (1 - A)\} \quad (7)$$

$$L_{B3n} = \begin{cases} 0 & \text{(通常舗装)} \\ -3.5 \log V + 3.2 & \text{(排水性舗装)} \end{cases} \quad (8)$$

$$L_{B4} = 10 \log \{4.5C_A + (1 - A)\} \quad (9)$$

V: 車両速度 (km/h)

Q: 時間交通量 (V.P.H.)

A: 大型車混入率

d: 車線の中央と観測点間の距離(m)

C_{Dmn} : 道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項(dB)

m: 車種 (1: 小型車類、2: 大型車類)

n: 舗装の種類 (1: 通常舗装、2: 排水性舗装)

また、道路長を有限と考えるときの補正項 C_{FG} を図-1 に、道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項 C_{D1n} を図-2 に、道路端の壁の長さを有限と考える時の補正項 C_H を図-3 に、等価騒音レベルを求める際の大型車類の小型車類換算係数に対する補正值 C_C を図-4 に示す。図中で

$$Z_M = \frac{H_M}{d} = \frac{V \cdot M}{3.6d}$$

*キーワーズ: 環境計画 地域環境問題 交通公害測量

*2 正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科 (福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL093-884-3108)

*3 学生員 九州工業大学工学部設計生産工学専攻博士前期課程

*4 正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科

*5 正員 九州工業大学建設社会工学科

*6 (株) ガイアート熊谷 (山口県防府市寿町 1-3)

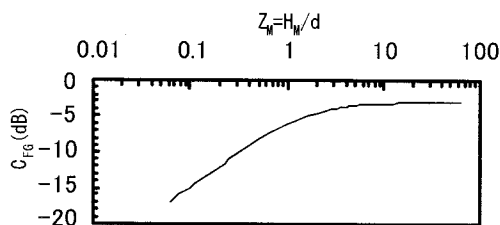


図-1 道路長を有限と考えるときの補正項 C_{FG}

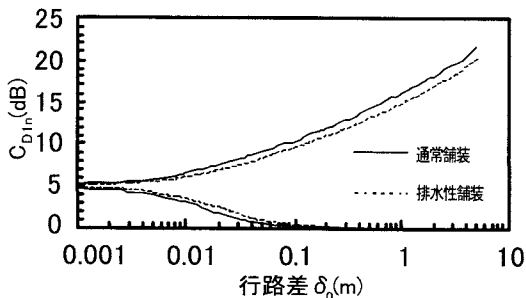


図-2 道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項 C_{D1n}

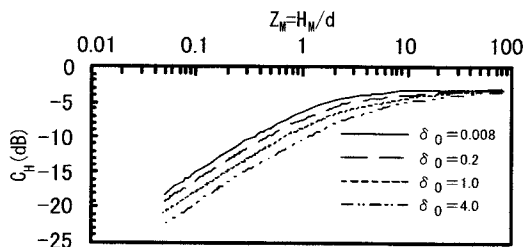


図-3 道路端の壁の長さを有限と考える時の補正項 C_H

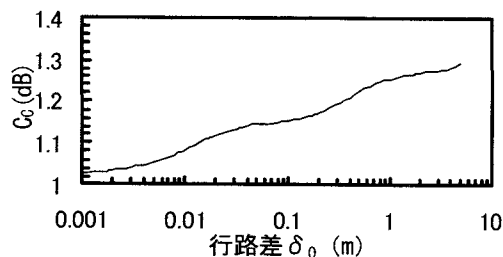


図-4 大型車類の小型車類換算係数の補正値 C_C

H_M : 騒音レベルのピークから M 秒経過する間に、
車両が車線中央上を移動した距離 (m)

δ_0 : 車両が観測点の正面に到着した時の行路差
(m)

なお、3.でも述べるが C_{FG} 、 C_H は車種、舗装の種類に、また、 C_C は舗装の種類によらずほぼ同じ値をとる。また、 C_{D1n} は小型車類の値である。

表-1 車両の音響出力の相対レベル (通常舗装)

	U_{OA}	相対レベル U_f (dB)				
周波数 (Hz)	O.A	125	250	500	1 k	2 k
小型車類	8.0	-9.0	-3.3	1.4	4.4	1.8
大型車類	9.1	-5.4	1.4	3.5	4.5	1.7

表-2 車両の音響出力の相対レベル (排水性舗装)

	U_{OA}	相対レベル U_f (dB)				
周波数 (Hz)	O.A	125	250	500	1 k	2 k
小型車類	4.9	-9.0	-3.3	0.8	-0.4	-5.3
大型車類	7.0	-5.4	1.4	3.1	-0.4	-5.4

3. 補正項の検討

補正項 C_{FG} 、 C_D 、 C_H の導出の詳細は文献3で報告しているので、以下にその定義を示す。

$$C_{FG} = 10 \log A_{1G} \quad (10)$$

$$A_{1G} = \frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{Z_M} \frac{1}{1+Z^2} dZ \quad (11)$$

$g(t)$: 1 Wの音源が一定の速度で走行した時に観測点に生じる音の強さの時間変動 (m^{-2} , 荷重関数)

G : 完全反射面をもつ半自由空間で音が幾何減衰しながら伝播するケースを示す記号

$$C_{Df} = -10 \log B_{1f} \quad (12)$$

$$B_{1f} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \quad (13)$$

$$g_{Ef}(t) = g_G(t) \times 10^{-\Delta L(t)/10} \quad (14)$$

なお、回折減音量 $\Delta L(t)$ の算出には前川の測定値を近似した式を用いた。

$$C_{Hf} = 10 \log B_{2f} \quad (15)$$

$$B_{2f} = \frac{\int_0^M g_{Ef}(t) dt}{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right)} \quad (16)$$

W_f : 車両の音響出力 (W , 周波数 f)

W_{OA} : W_f を全周波数にわたって合計したもの (W)

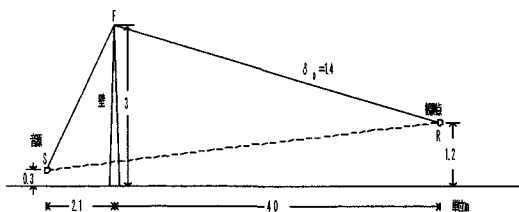


図-5 音源が観測点の正面に到着した時の位置関係

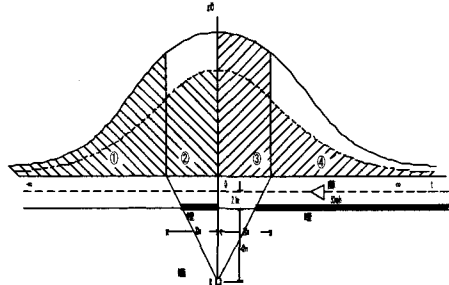


図-6 観測点Rで得られる $g(t)$ の曲線

車両自身のパワーレベルのスペクトルの違いを考慮した C_{Df} のオーバーオール値 C_D は、

$$C_D = -10\text{Log}B_1 \quad (17)$$

$$B_1 = \frac{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right)}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \quad (18)$$

$$\frac{W_f}{W_{OA}} = 10^{(U_f - U_{OA})/10} \quad (19)$$

$$C_D = U_{OA} - 10\text{Log} \sum_f 10^{(U_f - C_{Df})/10} \quad (20)$$

同様な考え方で C_{Hf} のオーバーオール値を

$$C_H = -U_{OA} + 10\text{Log} \sum_f 10^{(U_f + C_{Hf})/10} \quad (21)$$

で求める。なお、 U_f は車の音響出力のスペクトルの相対レベル差、 U_{OA} はそれを全周波数について合成した値である。

本研究で使用了値を表-1, 2に示す。表-1は従来から著者らが使用している値で²⁾、文献4で報告されている結果をA特性に換算した値をオクターブバンドに合成したものである。一方、表-2は低騒音(排水性)舗装部と通常(密粒)舗装部で測定された道路交通騒音の差の平均値を直線近似した値

表-3 等価騒音レベルの算出例(通常舗装)

斜線部	①	②	③	④	使用した式、図、条件
L_{G1}	64.9	*	64.9	*	式(1)
L_p	*	65.4	*	65.4	式(3), 図-4 $\delta_f=1.4$, $C_0=1.26$
C_{FG}	-4.4	*	-8.5	*	図-1, $Z_f=0.48$
$-C_{D11}$	*	-17.1	*	-17.1	図-2, 通常舗装, $\delta_f=1.4$
C_H	*	-12.1	*	-3.6	図-3, $\delta_f=1.4$, $Z_f=0.48$
小計	60.5	36.2	56.4	44.7	単位: dB
合計	62.0			*は計算が不要なところ	

表-4 等価騒音レベルの算出例(排水性舗装)

斜線部	①	②	③	④	使用した式、図、条件
L_{G2}	62.1	*	62.1	*	式(1)
L_p	*	62.7	*	62.7	式(3), 図-4, $\delta_f=1.4$, $C_0=1.26$
C_{FG}	-4.4	*	-8.5	*	図-1, $Z_f=0.48$
$-C_{D12}$	*	-15.9	*	-15.9	図-2, 排水性舗装, $\delta_f=1.4$
C_H	*	-12.1	*	-3.6	図-3, $\delta_f=1.4$, $Z_f=0.48$
小計	57.7	34.7	53.6	43.2	単位はdB
合計	59.2			*は計算が不要なところ	

で⁵⁾、文献4の換算値を補正し、それをオクターブバンドに合成したものである。

C_{FG} は地形や建物などにより、自動車の騒音が遮断される場合の、道路長を有限と考えた補正、また、 C_D は道路端に無限長の壁が設置されている場合の補正、更に、 C_H は両端に音が回折できない障害物(例: 高層ビル)があり、その間を有限の高さの壁で結んだ場合の、壁の長さを有限と考えた補正である。いずれも騒音伝播特性にかかわるものである。

なお、式(20), (21)に示すように、車両自身のパワーレベルのスペクトルの違いによって C_D , C_H の値には差が生じる。従って、以下のことを確かめた。

- ① C_D は舗装の種類で差が生じる。
- ② 本研究で使用了表-1, 2のスペクトルで計算した C_D と、文献1のそれ(小型車類, $V < 80 \text{ km/h}$)をもとに計算した C_D との差は小さい(但し、舗装の種類が同じ場合)。
- ③ C_H は舗装の種類、車種によらない。

次に、補正值 C_c は次式で表される。

$$C_c = \frac{\sum_f \left[\left(\frac{W_{f2}}{W_{OA2}} \right) \int_0^M g_{Ef}(t) dt \right]}{\sum_f \left[\left(\frac{W_{f1}}{W_{OA1}} \right) \int_0^M g_{Ef}(t) dt \right]} = 10^{(C_{D1} - C_{D2})/10}$$

サフィックス1は小型車類、同2は大型車類を示す。

なお、 C_c は通常舗装と排水性舗装でほとんど差がないことは確かめた。

4. 利用方法

以上の結果を利用すれば騒音伝播特性が複雑な場合にも等価騒音レベルを計算できる。例えば、時間交通量 $Q=1300$ 、大型車混入率 20%で道路縦断勾配のない平坦部直線道路区間において、図-5, 6の条件下にある観測点 R の等価騒音レベルを求める方法を示す。

基本的には荷重関数 $g(t)$ の積分値、すなわち図-6中の斜線部の面積をこれまで提示した図を利用して求めればよい。具体的な算出例を、異なった種類の舗装が施工された場合について示す(表-3, 4)。

例えば、観測点の等価騒音レベルを、道路に面する地域・A地域・昼間の環境基準値(60dB(A))以下にしたい場合には、この結果から次のことが考えられる。

① 表-3から、壁のない所から伝播してきた音(斜線部①, ③)によって観測点の等価騒音レベルが決定されていることが認められる。従って、通常舗装のままでは、斜線部①については遮音壁設置を、また同③については、壁の間隔を小さくする処置を検討した方がよい。

ただし、 C_{D11} (表-3の斜線部②, ④)の値をみれば、壁の高さは3mよりも低くてよいと思われる。

② 排水性舗装にすれば、斜線部の①, ③が約2.7dB減音し(cf. 式(8))、観測点の等価騒音レベル(59.2dB(A))は環境基準値(60dB(A))を下回る。

しかし、 C_{D12} (表-4の斜線部②, ④)は C_{D11} の値より小さく、壁による減音効果は排水性舗装の方が小さい。これは車両のパワーレベルのスペクトルに500Hz以上の高い周波数領域の成分を通常舗装の方が多く含む(cf. 表-1, 2)ことに起因する。つまり、車両のパワーレベル(オーバーオール値)そのものの減少は排水性舗装の方が大きい(cf. 式(8))、壁による減音効果は通常舗装の方が大きい。結果的に、表-4の斜線部②, ④の減音量は約1.5dBにとどまっている。場合によっては、壁の前面の道路は通常舗装とすることも考えられる。

③ この他に、速度、交通量、大型車進入などの規制による減音効果についても、式(1)~(9)から容易に推測できる。

参考文献

- 1) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音予測モデル，“ASJ Model 1998”，日本音響学会誌 55巻4号，pp. 281-324，1999.
- 2) 渡辺義則・喜州淳哉：荷重関数に基づく道路交通騒音のための等価騒音レベル簡易計算法，交通工学，Vol. 25No. 3，pp. 9-16，1990.
- 3) 渡辺義則・許斐敬史・高村貴洋：車道端部に設置した低い壁の減音量の計算方法と対策としての有効性について，土木計画学研究・論文集 No. 16，pp. 357-363，1999.
- 4) 足立義雄・中須賀聡・宮川隆巳：道路交通騒音の周波数特性一模型実験手法研究(2)一，日本音響学会講演論文集，pp. 529-530，1985.
- 5) 山本貢平：新型遮音壁の現状とコンベの方法について，騒音・振動研究会資料，pp. 9-13，1997.