

縦列駐車車両で期待できる遮音能力について*

On Sound Insulation Ability of Tandem Parking Cars*

江崎 俊文^{*2}・渡辺 義則^{*3}・寺町 賢一^{*4}・友松 和宏^{*5}・浦 英樹^{*6}

By Toshifumi Ezaki^{*2}, Yoshinori Watanabe^{*3}, Kenichi Teramachi^{*4}, Kazuhiro Tomomatsu^{*5} and Hideki Ura^{*6}

1. はじめに

沿道に住宅や商店が建ち並ぶ地域を静穏にするために、著者らは車両の駐車場を道路空間に割り振り、「車間を通っての住宅や商店へのアクセス」と「駐車車両による遮音」の両立を図った。まず著者らは、駐車車両で道路交通騒音を減少できることを現場実験で示した¹⁾。ただ、そこでは観測点の高さが1.2mに限られており、より高い地点の減音効果については確認できていない。また現場実験では、様々な交通条件の影響を含んだ騒音レベルの変化は求められても、純粋に駐車車両による遮音量が捕捉されているわけではない。そこで本研究では無響室における縮尺模型実験で以下の検討を行った。

1.2～5.0mの高さの観測点を対象として、駐車車両による遮音量を把握する。

駐車車両による遮音量は、駐車車両と同じ高さの連続的な壁として仮定して、理論的に推定した値に近いことを示す。

2. 縮尺模型実験の概要

無響室内に1/10の縮尺比で模型を作成した。縮尺模型の概要を図-1,2(実寸表示)に示す。道路幅員は道路構造令の都市部・幹線道路・2車線の値を使用した。一方、駐車スペースは実際の道路を調査し決定した。また、車両は車道中央を走行すると仮

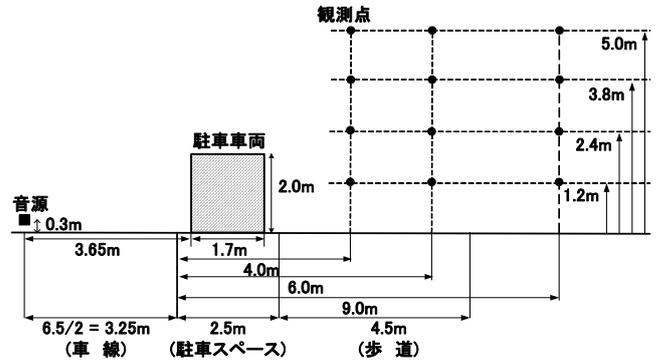


図 - 1 縮尺模型断面図

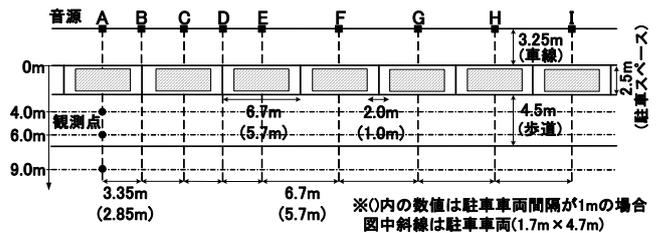


図 - 2 縮尺模型平面図

定し、音源は車道中央の0.3mの高さに設置した。観測点の位置は、車線端から4.0,6.0,9.0m、高さは1.2,2.4,3.8,5.0mとした。駐車車両の形状はワンボックスカーを想定し、長さ4.7m,幅1.7m,高さ2.0mの直方体とした。音源は図-2中のA～Iまで移動させ、まず駐車車両を設置していない状態で実験した。次に駐車車両を設置して実験した。尚、本実験の分析は1オクターブバンド(中心周波数250,500,1k,2kHz)で行った。

3. 駐車車両を設置していない場合の騒音の伝播

駐車車両を設置していない場合の、観測点に生じる騒音レベルの理論値(半自由空間)は、音源のパワーレベルを測定し、式(1)より算出する。

$$L_f = PWL_f - 20 \log r - 8 \quad \dots(1)$$

L: 観測点に生じる騒音レベル(dB(A)、周波数 f)

PWL_f: 音源の音響パワーレベルdB(A)

*キーワード: 交通公害 道路計画 環境計画

*2正員 不動技研工業株式会社

(長崎県長崎市飽の浦町8番12号)

*3正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科

(TEL093-884-3108)

*4正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科

*5非会員 北九州市役所(福岡県北九州市小倉北区城内1-1)

*6正員 九州工業大学工学部建設社会工学科

r : 音源と観測点との距離(m)

騒音レベルの理論値と模型実験により得られた値を比較した。図-3に周波数1kHzのバンドレベルの距離減衰を示す。図中の実線に実測値があれば、距離の2乗に比例して音が減衰していることを意味する。実測値が理論値を大きく下回る点があるが、これは過減衰による影響と考えられる。それゆえ本研究では、駐車車両を設置していない場合に観測点に生じる騒音レベルは、理論値を用いて過減衰の影響を無くした。

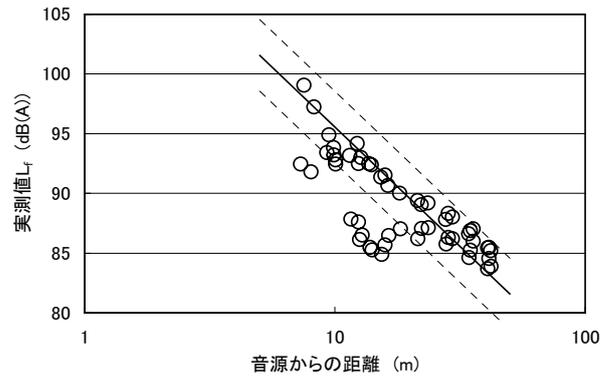


図 - 3 1 kHzのバンドレベルでの距離減衰

4 . インサージョンロスの推定法

本研究では、完全反射面を持つ半自由空間上を音が幾何減衰しながら伝播して観測点に到着した場合と、音源と観測点の間に壁を挿入した場合の観測点の騒音レベルの差をインサージョンロスとよび、これにより壁の減音効果を推定する²⁾。なお、本研究で想定している壁は、通常の遮音壁または縦列駐車している車両である。

(1) 半自由空間上を音が幾何減衰する場合

車両が観測点の正面にいる時をt=0とすると、

$$g_G(t) = \frac{1}{2\pi\{d^2 + (v \cdot t)^2\}} \quad \dots(2)$$

g(t) : 1W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

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

d : 車両が観測点の正面にある時の車線の中央と観測点間の距離(m)

v : 車両速度(m/s)

また、無限遠まで解放された道路区間では、

$$\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt = \frac{1}{2vd} \quad \dots(3)$$

(2) 各周波数のインサージョンロスの推定法

半自由空間上を音が幾何減衰しながら伝播して観測点に到達した時の時間tの音 $Z_G(t)$ と、音源と観測点Eの間に壁を挿入した時の観測点の音 $Z_{Ef}(t)$ を用いて、インサージョンロス C_{Ef} (dB)は

$$C_{Ef} = 10 \log \left[\frac{\int_{-M}^M Z_G(t) dt}{\int_{-M}^M Z_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots(4)$$

いま、車両が一定の速度で走行し、騒音レベル最大値の前後で波形が対称と仮定すると、

$$C_{Ef} = 10 \log \left[\frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_0^M g_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots(5)$$

$$\begin{aligned} &= 10 \log A_{1G} - 10 \log B_{2f} - 10 \log B_1 \\ &= C_{FG} - C_{Hf} + C_D \end{aligned} \quad \dots(6)$$

なお、

$$C_{FG} = 10 \log A_{1G} \quad \dots(7)$$

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

$$Z_M = M v / d \quad \dots(8)$$

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)

M : 騒音レベルのピークからの時間経過(s)

とする。 C_{FG} を計算した結果を図-4に示す。

また、道路端に無限長の壁が設置されている場合のインサージョンロスは、

$$C_D = -10 \log B_1 \quad \dots(9)$$

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

なお、式(7)中の $g_{Ef}(t)$ は、

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

また、この時の回折減音量 $L(t)$ の算出には前川の測定値を近似した式を用いた。図-5は車両が

観測点の正面に到着したときの行路差 δ_0 と C_D の関係を数値積分で求めたものである。更に、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には、壁の長さを有限と考えた補正 C_{Hf} を施す。

$$C_{Hf} = 10 \log B_{2f} \quad \dots(11)$$

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

(3) インサクションロスのオーバーオール値
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観測点Eに関するインサクションロスのオーバーオール値 C_E は、

$$C_E = 10 \log \left[\frac{\int_0^M Z_G(t) dt}{\int_0^M Z_{EOA}(t) dt} \right]$$

$$C_E = U_{OA} - 10 \log \sum_f 10^{(U_f - C_{Ef})/10} \quad \dots(12)$$

同様な考え方で C_{Hf} のオーバーオール値を

$$C_H = -U_{OA} + 10 \log \sum_f 10^{(U_f + C_{Hf})/10} \quad \dots(13)$$

で求めて、図-6に示す。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(表-1)。

5. 等価騒音レベルと補正項の関係

自動車が定期的な走行する時の等価騒音レベル L と補正項の関係は文献3で報告しているので、本論文ではその結果のみを示す。なお、道路や壁が有限長の場合とは、観測点の正面を車両が通過する時間を原点にして、それから M の時間だけ騒音が有意なレベルを示す場合を指す(図-7)。

a) 無限長まで解放された平坦部直線道路区間

$$L_G = L_{B1} + L_{B2} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad \dots(14)$$

b) 平坦部道路区間で道路長が有限な場合

$$L_2 = L_G + C_{FG} \quad \dots(15)$$

c) 車道部端に無限長の壁を設置した場合

$$L_P = L_{B1} + L_{B4} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad \dots(16)$$

表 - 1 車両の音響出力の相対レベル (A特性)

周波数 (Hz)	U_{OA}	相対レベル U_f (dB)			
	O.A	250	500	1k	2k
小型車類	7.9	-3.3	1.4	4.4	1.8
大型車類	9.0	1.4	3.5	4.5	1.7

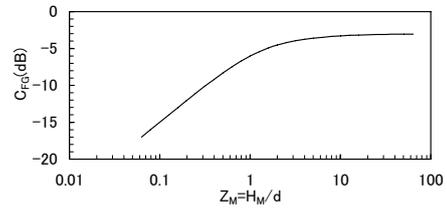


図 - 4 道路長を有限と考えるときの補正項

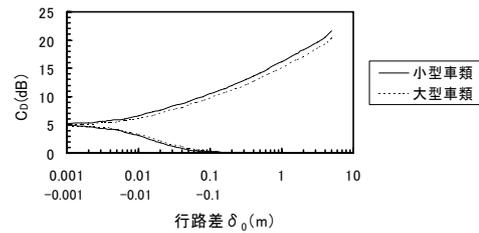


図 - 5 無限長の壁を設置したときの補正項

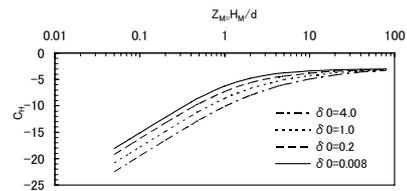


図 - 6 壁の長さを有限と考えるときの補正項

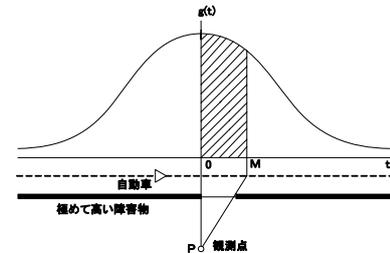


図 - 7 有限長道路の場合に観測点Pで得られる $g(t)$ の時間経過

$$L_3 = L_P + C_{DI} \quad \dots(17)$$

d) 車道部端の壁が有限長の場合

$$L_4 = L_3 + C_H \quad \dots(18)$$

$$L_{B1} = 30 \log V + 11.1 + 10 \log Q$$

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

$$L_{B4} = 10 \log \{4.5C_{C1}A + (1-A)\}$$

V: 車両速度 (km/h) Q: 時間交通量 (V.P.H.)

A: 大型車混入率 m: 車種 (1: 小型, 2: 大型)

6. インサクションロスの実測値と理論値の比較

図-2のように、駐車車両を設置して縮尺模型実験を行うと、観測点では移動する音源に伴って変化する騒音レベルが得られる。インサクションロス C_{Ef} を算出するためには、各音源位置での騒音レベル P_f (dB(A))と騒音レベルのピークからの時間経過 t (s)の関係が必要となる。そこで、音源(車両)は40km/hで定常走行していると仮定し、音源Aから各音源までの距離を時間に換算する(1/10縮尺模型実験での寸法)。次に、各音源位置での騒音レベル P_f (dB(A))をもとに、音源の音響出力を1wと仮定したときの観測点に生じる音の強さ $g_{Ef}(t)$ を次式により算出する。

$$g_{Ef}(t) = 10^{((P_f - PWL_f) / 10)} \quad \dots(19)$$

PWL_f : 音源の音響パワーレベル(dB(A)、周波数 f)
この $g_{Ef}(t)$ と、騒音レベルのピークからの時間経過 M (s)の関係を図-8に示す。 $g_{Ef}(t)$ を時間 $[0, M]$ にわたり数値積分し、 $\int_0^M g_{Ef}(t) dt$ を求める。

駐車車両を設置していない場合については、3.で述べた通り、過減衰の影響を無くすために観測点に生じる騒音レベルに理論値を用いる。すなわち、 $g_G(t)$ を式(2)から算出した後に数値積分し、 $\int_0^M g_G(t) dt$ を求める。更に、式(5)より各周波数での実測値 C_{Ef} を求める。また走行車両を小型車と仮定し、式(12)よりオーバーオールでの実測値 C_E を求める。一方、各周波数での C_{Ef} の理論値は式(6)、オーバーオールでの理論値 C_E は次式から算出する。

$$C_E = C_{FG} - C_H + C_D \quad \dots(20)$$

C_E の実測値と理論値を比較して図-9に示す。図中の実線は実測値と理論値が等しい場合を表し、その ± 3 dBの範囲が点線である。車両間隔が1mの場合、行路差が大きな観測点で約5dBの差があるものの、両者は比較近い値となっている。したがって、車両間隔1mで縦列駐車する車列は、高さ2mの遮音壁とほぼ同等の減音効果が期待できると言える。車両間隔が2mの場合、実測値と理論値の差はより大きくなり、減音効果は低下する。

7. まとめ

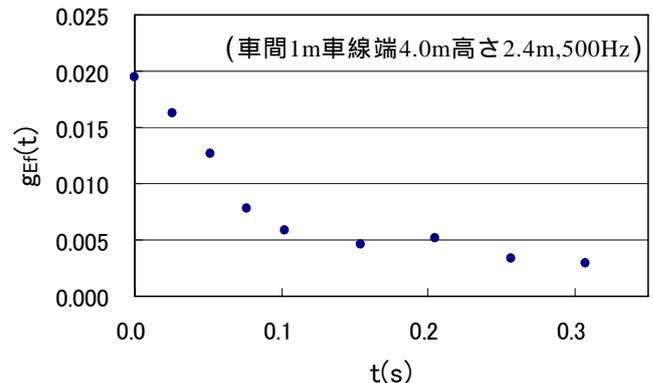


図-8 $g_{Ef}(t)$ の時間経過

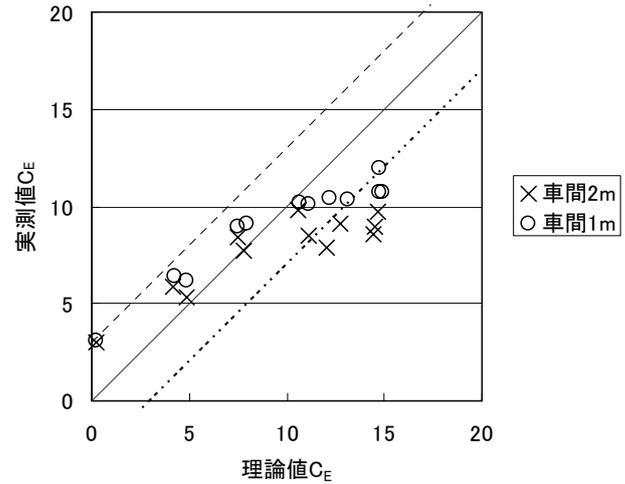


図-9 C_E の比較

本研究で得られた結果を、以下に示す。

駐車車両を設置していない場合に観測点に生じる騒音レベルは、計算値(式(1)から算出)を用いて過減衰の影響を無くした。

道路を設計する時、車両を駐車できるスペースを道路空間内に割り振ることで、道路交通騒音を低減できることを、無響室での縮尺模型実験により示した。

車両間隔1mで縦列駐車する車列は、高さ2mの遮音壁(一様な構造をもつ)とほぼ同等の減音効果が期待できる。車両間隔が2mの場合、車両間隔1mよりも減音効果は低下する。

参考文献

- 1) 渡辺・寺町・江崎・浦: 駐車車両による道路交通騒音の低減可能性について, 土木計画学研究・講演集Vol.28, (CD-ROM版), 2003.
- 2) 渡辺・許斐・高村: 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, pp357-363, 1999.
- 3) 渡辺・隈・寺町・浦・楨田: 舗装の違いを考慮可能な道路騒音の等価騒音レベルの簡易計算法について, 土木計画学研究・論文集, Vol.19 no.2, pp.245~253, 2002.