

道路からの交通騒音の伝搬に関する研究

Propagation of Traffic Noise from Highway

石井 聖光*・平野 興彦*・朝生 周二*・山口 道征*

Kiyoteru ISHII, Okihiko HIRANO, Shuji ASO and Michiyuki YAMAGUCHI

最近自動車台数の急激な増加と道路の発達にともなって、道路からの騒音が大きな問題となってきた。特に郊外を走る幹線道路の周辺の住宅、学校、病院等がその被害を受け、都市においては道路の両側にたちならぶ建物のすべてがなんらかの方法で騒音対策を行なわねばならない実状にある。こうした状況のもとで道路からの交通機関の騒音がどのような性質を持ち、どのように伝搬するかを調べる研究を始めた。この報告はその第1報である。

1. 道路からの距離と騒音レベルの関係

1 台の自動車からの騒音の強さは自動車の寸法にくらべて十分離れたところでは、音源からの距離の二乗に反比例して減少する。すなわち図 1 (a) のように平らな地上にある音源から l の距離の点 P の音響エネルギー密度 E は (1) 式のようになる。

$$E = \frac{W}{2\pi l^2 c} \quad (1)$$

W : 音源の音響出力, c : 音速

つぎに図 1 (b) のように直線の道路を一列に並んで走行しているとき、道路から距離 l の点 P の道路全体から音のエネルギー密度 E は (2) 式のようになる。

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{W dx}{2\pi(l^2+x^2)c} = \frac{W}{2cl} \quad (2)$$

W : 道路上単位長さ当たりの音源の出力

すなわち道路からの距離に反比例して減少する。これは 1 台の自動車は点音源と考えられるのに対して、一列に並んだ自動車は線音源と考えられるからである。

さらに図 1 (c) のように何車線もある広い道路を多数の車が走行しているとき、その道路端から水平距離 l_1 、高さ h の所の音のエネルギー密度を考えてみると、道路幅

を d , $l_1+d=l_2$ とすれば (3) 式のようになる。

$$E = \int_{l_1}^{l_2} \frac{W dl}{2c\sqrt{h^2+l^2}} = \frac{W}{2c} \left[\log_e(l + \sqrt{l^2+h^2}) \right]_{l_1}^{l_2} \quad (3)$$

W : 道路上単位面積当たりの音響出力

つぎに音響計測の立場からみるとエネルギー密度より音圧の計測ははるかに容易であり、両者の間にはつぎの関係がある。

$$E = \rho c^2 p^2 \quad (4)$$

p : 音圧, ρ : 空気の密度, c : 音速

また広く用いられている音圧レベル (SPL) はつぎの (5) 式のように定義されている。

$$\text{音圧レベル (SPL)} = 20 \log_{10} \frac{p}{2 \times 10^{-4} \mu \text{ bar}} \quad (5)$$

また自動車 1 台当たりの平均音響出力を (6) 式の定義のようなパワーレベル (PWL) で表わし、道路上単位面積当たりの自動車の密度を D とすれば (3) 式は (7) 式のように書き換えられる。

パワーレベル (PWL)

$$= 10 \log_{10} \frac{W}{10^{-12} \text{ワット}} \text{ (dB)} \quad (6)$$

W : 音源の出力

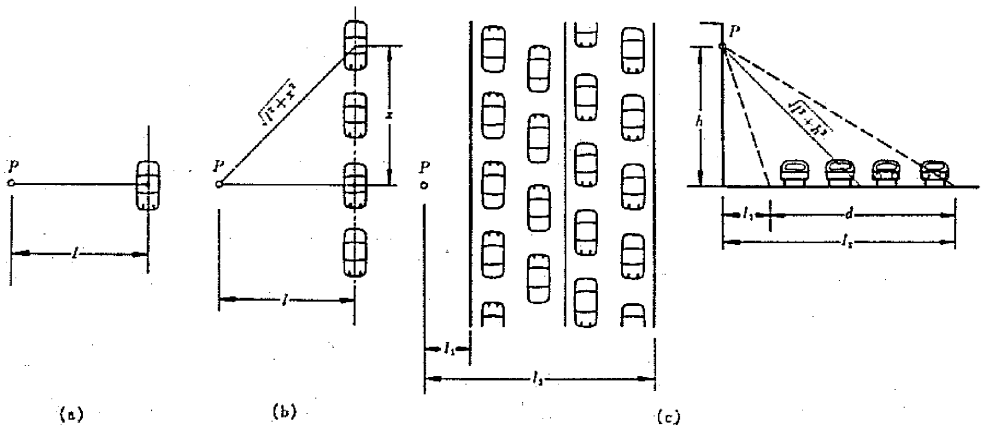


図 1

JIS 規格による騒音測定法においても、この方法が採用されており、累積度数曲線の上下 5% づつを除いた 90% の範囲を、その変動幅としている。今回の測定でもこの JIS 規格による測定法を採用し、5 秒間隔に 5 分間測定を行なうことにした。この間 1 秒間隔に前述の 8 ミリカメラによる交通量その他の測定を行なった。

この測定のプロックダイアグラムは図 3 のようである。また、この測定と並行して数点に録音機のマイクロホンを設置して騒音を録音し、後日再生して各種のフィルタを通して交通騒音の周波数分析を行なった。

これら屋外の測定では、風がマイクロホンに当たるために騒音が発生することがあるので、マイクロホンにナイロン製のフードをかぶせてその発生を防いだ。

4. 道路の両側に建物のない場所での実測

最も単純な場合として道路の両側に建物がなく広く開けている場所で、道路からの距離と騒音レベルの関係を調べた。実測場所としては京葉道路の旧料金徴収場近くの直線部分をえらび、歩道橋の上に 8 ミリカメラをおいて交通量、密度、平均車速等の測定を行ない、道路端および道路端から 10 m, 20 m, 40 m の 4 箇所に騒音計のマイクをおき、道路端および道路端から 20 m の所に録音機のマイクロホンを設置して交通騒音の録音を行ない、その周波数分析および騒音レベルの変化の状況を調べることにした。

これらの関係位置は図 4 のとおりで、歩道橋からみた道路および騒音の測定位置は写真 1, 2 のとおりで、8 ミリカメラによる撮影の一例は写真 4 の (A) のようであった。



写真 1 歩道橋から見た京葉道路



写真 2 歩道橋から騒音測定位置をみる

この実験は 1 回の測定を 5 分間とし、騒音測定は騒音計の A 特性によって 3 回、C 特性によって 1 回行なった。この結果を集計すると表 1 のようになり、交通量は 1 時間当たり約 2,400~3,000 台、平均速度は毎時 53~63 km で、道路端における騒音レベルは A 特性で 72~75 dB(A)、C 特性で 83 dB(C) であり、道路端における測定値を 0 dB として、距離による減衰を求めると図 5 のようになり、この図の実線の曲線は (7) 式による計算結果で、測定点の数が少ないのであまりはっきりしたことは言い難いが、C 特性による測定値がこの計算値の曲線の近くに散在しているのに対し、A 特性による測定値は距離が離れるにつれてますます大きく減衰している。

この理由は測定場所に多くの草がはえており、これが高音部をよく吸収するために A 特性のように低音をカットした場合にはその影響が特に強く現われたためと考え

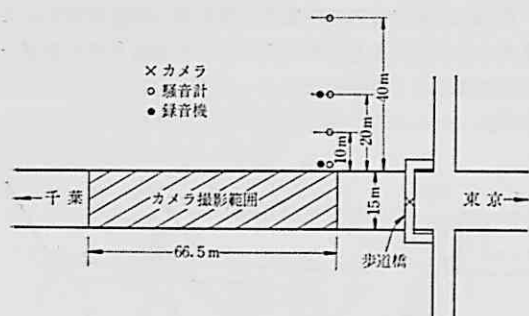


図 4

表 1 京葉道路における測定結果 (昭和 41 年 11 月 10 日 2.20~2.55 PM)

測定 番号	交通量などの測定値			騒音測定値 (dB)				
	交通量 Q(台/h)	密度 K(台/km)	平均速度 V(km/h)	特性	道路端	道路端より 10 m	20 m	40 m
1	2,680	42	63	A	75 (66,83)	68 (62,74)	64 (60,68)	60 (57,63)
2	2,880	49	58	C	83 (75,90)	80 (75,88)	79 (74,86)	73 (69,79)
3	3,040	58	53	A	75 (66,81)	70 (64,74)	65 (61,68)	61 (57,64)
4	2,380	40	60	A	72 (65,79)	67 (62,77)	62 (58,68)	59 (55,63)

(注) 騒音測定値は中央値、カッコ内は 90% レンヂ

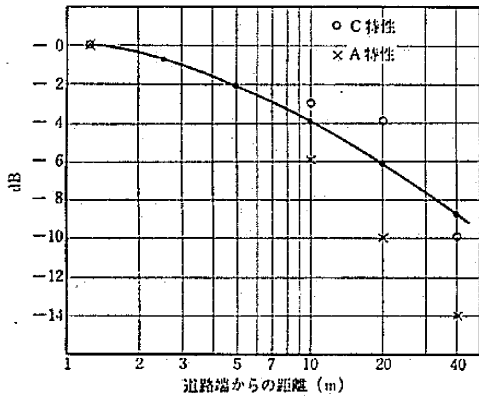


図5 京葉道路における道路端からの距離と騒音レベルの中央値の相対的な関係。実線は(7)式による計算値で道路端(0dB)は $l_1=1.25m$ としている。

られる。

次に騒音の変動幅は道路端が約 15 dB 程度あるのに対して、40 m 離れた地点では 6~10 dB で、離れるにつれて変動幅は小さくなるのがわかる。

図6(a), (b)は道路端および20mの位置における騒音レベルの時間的な変動を示すもので、両者の間に変動幅の相異があることがわかる。

図7は道路端における録音をオクターブバンドのフィルタによって周波数分析した結果であり、低音の勢力が大きく、高音になるにしたがって小さくなるのがわかる。

またこの実験から求めた京葉道路 1 m² 当たりの音響出力は 1.2×10^{-4} (ワット/m²)、車の密度は 1/300 (台/m²) であった。

5. 道路の片側に建物がある場合の実測

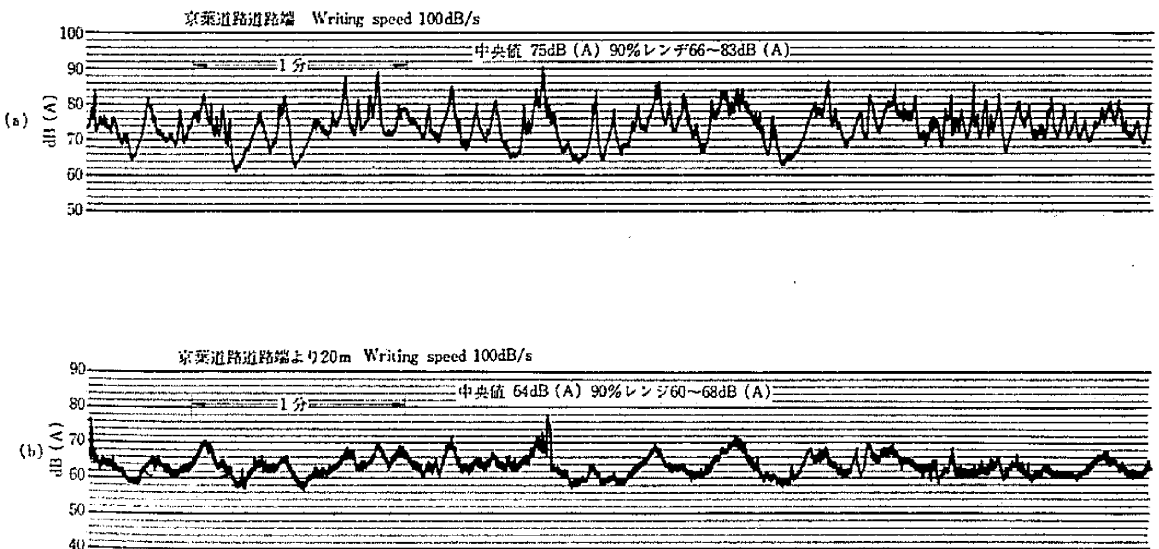


図6

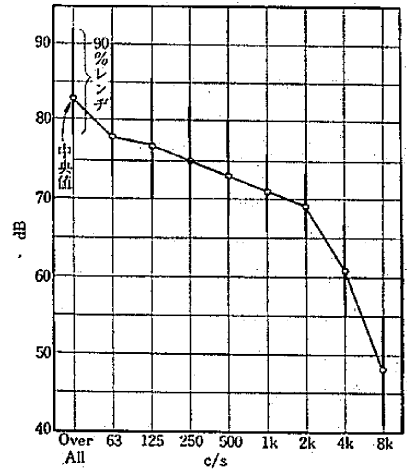


図7 京葉道路の道路端における騒音をオクターブ分析した結果

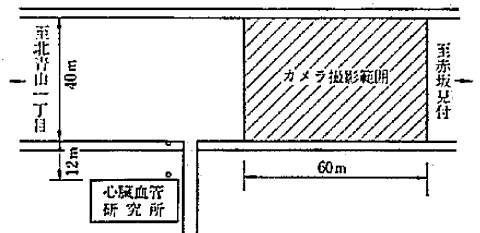


図8

道路の片側に建物がある場合の例として、青山通りの赤坂見付、北青山一丁目間の心臓血管研究所の建物について測定を行なった。この建物は幅員 40 m の道路に面し、車道端から歩道および駐車場合わせて 12 m の距離に建物の外壁がある。高さ約 20 m、5 階建の建物で各階にバルコニーがある。(図8参照)

この建物について道路端および1階、3階、5階のバ



写真 3 心臓血管研究所付近

ルコニーに騒音計のマイクロホンをおき、道路端および3階のバルコニーに録音機のマイクロホン、屋上に8ミリカメラをおいて測定した。

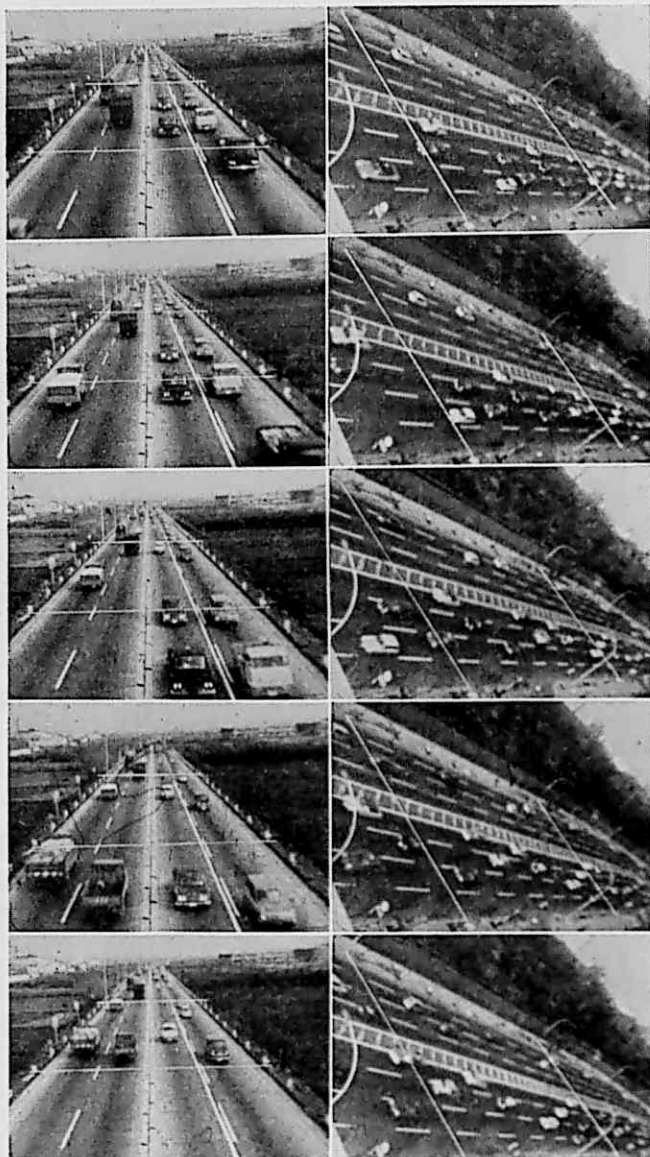
この建物および道路の状況は写真3のよう
で、8ミリカメラによる撮影結果は写真4の
(B)のようであった。これらの測定結果から
得られた交通量、平均車速、および騒音の関
係は表2のようで、5分間づつ3回行った
測定から得られた交通量は1時間当たり
に換算して約7,000~7,700台、平均速度は45~
49km、騒音レベルはA特性で道路端におい
て71~72 dB(A)、5階においても69~70 dB
(A)であり、その変動幅は道路端で8~11
dB、5階で7~10 dBであった。

道路端の値を規準にした各階の騒音レベル
の相対値は図9に示すようで、この図のカ
ッコ内の値は(8)式によって計算から求めた
値である。これを見ると計算と実測値とが
かなりよく一致することがわかる。

道路端および3階における録音の結果から、
騒音レベルの変動を時間的に記録したもの
が図10で、道路端の方が多少変動幅が大
きいが、京葉道路の場合ほどの差はないこ
とがわかった。

6. おわりに

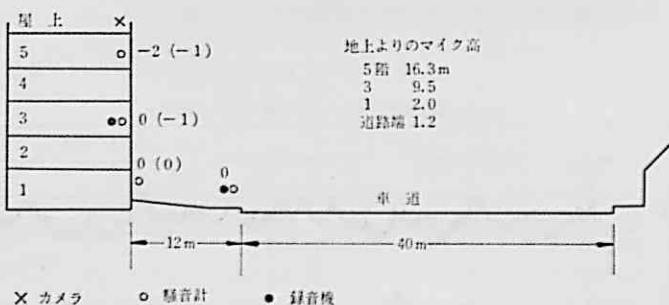
この研究は道路からの交通騒音の伝わり方
を調べ、それに対する建物の防音設計を検討
する目的で、新しい構想のもとに始めたもの



(A) 京葉道路

(B) 青山通り

写真 4 8mm カメラによる交通量など撮影結果
(1秒間隔、実際はカラーフィルムを使用)



× カメラ ○ 騒音計 ● 録音機

図 9

表 2 青山通り (心臓血管研究所前) における測定結果 (昭和 41 年 10 月 13 日 3.00~3.30 PM)

測定 番号	交通量などの測定			騒音測定値 (dB)				
	交通量 Q(台/h)	密度 K(台/km)	平均速度 V(km/h)	特性	道路端	1 階	3 階	5 階
1	7,660	164	47	A	72 (69, 78)	72 (69, 76)	71 (68, 75)	70 (66, 74)
2	7,100	159	45	A	72 (69, 77)	72 (68, 76)	72 (68, 75)	70 (66, 73)
3	7,050	146	49	A	71 (65, 76)	72 (64, 76)	71 (64, 75)	69 (63, 73)

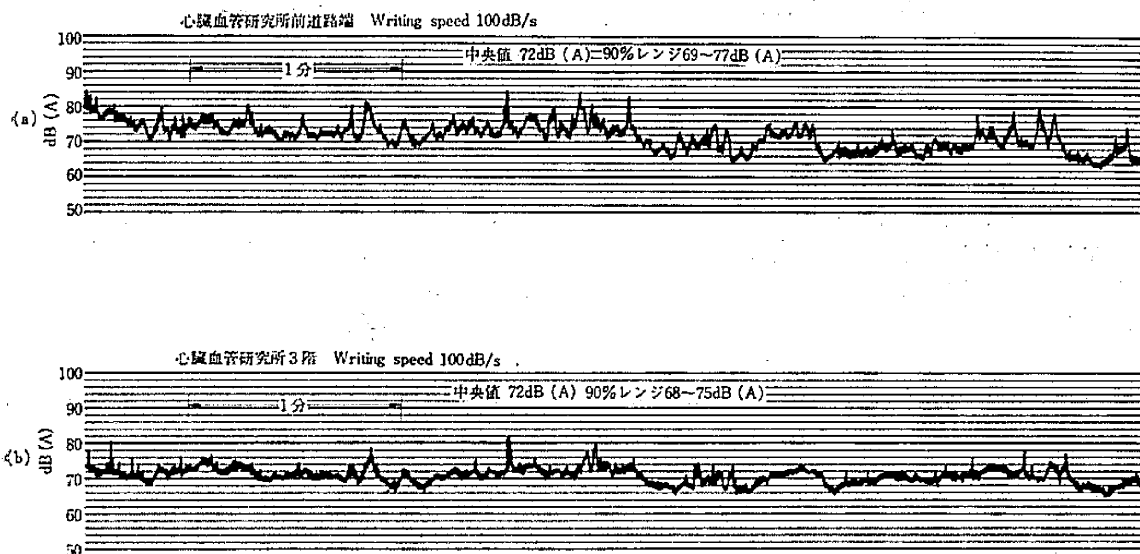


図 10

で、今後都市を結ぶ高速道路の周辺の地域、都市の超高層ビルなど広い範囲に適用できる防音設計法に及ぶべく研究を進めている。なお、この研究は本所選定研究費に

よって実施したものであり、交通量等の測定については本所星塾 和教授、越 正毅助教授のご援助をうけた。

(1967年11月9日受理)

(p. 25 よりつづく)

好ましくないことは、曲げ振動およびねじり振動の1次および2次がそれぞれ接近していることであろう。

(4) ボディ各部の固有振動

この固有振動数も車によってまちまちであるが、一般に床面とその他にロードノイズとして好ましくない振動数を避け得ないようである。

このようにロードノイズ伝達経路である各部の固有振動数が比較的に近いことが、ロードノイズ発生の主要原因でその経路をたどって見ると、ある車についてたとえば図13のようになる。

ロードノイズの特性を調べるには、回転ドラムに小さな突起を取りつけて実車で調べると、実路面走行と対応する解析を行なうことができるようである。またこのような伝達機構を明らかにすると、対策を行なうことができる。いずれにせよ個々の対策では、きわめて僅少な騒音の低下しか期待できないようである(たとえば、チューブレスタイヤに対しチューブ入りタイヤを用いるとほぼ2~3ホーン低下する)があるが、個々の原因をよく調べ

よって実施したものであり、交通量等の測定については本所星塾 和教授、越 正毅助教授のご援助をうけた。

6. むすび

国産乗用車は振動騒音の面で著しい改善を示しているが、その原因として最近のおもな回路である、ウィンドアップ振動、シェークおよびロードノイズなどについて、現象および扱い方を解説してみた。騒音の問題は泥沼のようなもので、一つの問題が解決されるにしたがって新しい問題が現われてくる。そして全体の騒音を数ホーン低下させることは容易なことではなく、この方面の技術者が協力して研究することが必要である。現在はいわば車の構造から発生する音の解決に努力しているが、高速走行にともなって発生する風切り音やタイヤ騒音などは、今後解決すべき問題であろう。

(1967年11月11日受理)