

# 騒音予測のための多車線定常交通流調査結果 について

## —道路騒音予測手法の研究 第二報—

高山 孝 小林正雄 末岡伸一

### 1 はじめに

市街地での道路条件および交通条件下で適用し得る道路交通騒音予測手法を検討するため、昭和55年度より段階的に調査研究をすすめているが、昭和55～56年度では市街地沿道における定常交通流騒音について調査を行ってきた。55年度に実施した二車線定常交通流調査については既に第1報として報告済であるが、56年度では四車線以上の定常交通流部分で行った調査結果を第2報として報告する。

### 2 研究概要

市街地における一般道路の交通流を定常な部分と非常常な部分とに分け、55～56年度は上述の如く定常交通流について調査を実施し、57～58年度は非常常交通流について調査をすすめている。次に沿道建物等の後背地への騒音伝搬については、主として縮尺模型実験を用いて研究を進めていき市街地道路における道路騒音予測手法の整備を計画している。さて、沿道における定常交通騒音の予測方法としては次のように大別できる。

- ① 理論モデルによる方法。
- ② 実験式による方法。
- ③ シミュレーションによる方法。

本研究では、①の中の等パワー等間隔モデルを基礎とした音響学会がまとめた騒音予測式（以下音響学会式と呼ぶ）と、③の中のモンテカルロ法によって擬似交通流をつくりそれから発生する騒音を求める電算機シミュレーションの方法を有力な予測方法と考え、それに必要なデータを収集し、音響学会式の適合性の検討と、シミュレーションのためのデータ整理をすすめてきた。しかし57年度よりすすめる非常常交通流の騒音予測では、理論モデルによる方法に難があり、むし

ろ②の実験式による方法がより実用的と思かれるので、今後の予測方法では、①②を静的予測方法、③を動的予測方法と呼び、2方式の予測を行えるようなデータの収集を考えていく所存である。

### 3 調査方法

#### (1) 調査項目

沿道における定常交通流騒音の予測に必要なデータとしては次のような項目があげられる。

- ① 交通量。
- ② 車種混合比。
- ③ 平均速度。
- ④ 速度の統計分布。
- ⑤ 平均車頭間隔。
- ⑥ 車頭間隔の統計分布。
- ⑦ 道路よりの距離別騒音レベル。
- ⑧ 車種別パワーレベルの平均。
- ⑨ パワーレベルの統計分布。

前年度の二車線調査では⑧⑨の項目についてのデータ収集は可能であったが、四車線以上の調査では⑧⑨は大型車のみ観測を行った。

#### (2) 測定地点

定常交通流測定地点は、信号区間ができるだけ長く、車がスムーズに走行している地点が必要であり、しかも基礎データとするため、道路両側が平坦開放地でなければならない。このような道路地点を選定した結果表1にみられるように郊外の幹線道路が主な測定場所となった。

#### (3) 交通流調査方法

前年度と同様にデータ数が多く、解析処理が繁雑となるため、電算処理を行うこととし測定データは直接コンピュータへ入力できるように信号化してデータレコーダに収録した。図1は測定方法を示す。今回の測

表1 調査場所一覧

データ №	道路名	調査場所	調査日
1	水戸街道	松戸市小山	56.10.21
2	環状7号	足立区椿	10.27*
3	日光道路	草加市新善町	10.28
4	川越街道	志木市	11.5
5	新青梅街道	小平市	11.10
6	甲州街道	調布市西町	11.12
7	環状8号	世田谷区船橋	11.17*
8	国道16号	川越市大仙波	11.19
9	新・環7	江戸川区西瑞江	11.24
10	湾岸道路	江東区有明	11.30
11	試験所通り	三鷹市大沢	12.2
12	オリンピック道路	和光市	12.8
13	所沢・浦和線	埼玉県三芳町	12.10
14	中央高速道路	八王子市石川町	12.14
15	国道246号	横浜市緑区	57.2.16
16	国道17号	桶川市坂田	2.23

\* 6車線道路

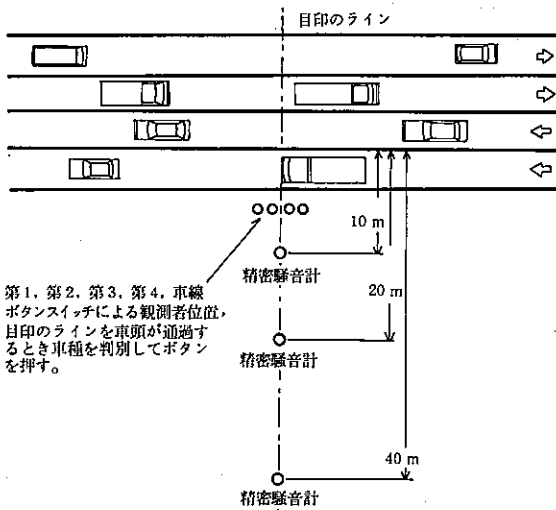


図1 交通流および騒音測定方法

定方法は四車線以上で交通量も多いため、前年度の方法と若干異なっている。図1にみられるように走行車線に直交するラインを設け、このラインを車頭が通過する瞬間にスイッチボタンを押す。この際スイッチボックスには車種別(二車種分類)ボタンが設けてあり、大型車か小型車を判別してスイッチを押すのである。このスイッチボタンの信号をパルス回路に送り、整形パルス化してデータレコーダへ送り収録する。再生し

た信号はコンピュータ入出力装置(PIO)へ接続するが、PIOでの信号ピックアップ方法は、前年度と同様にサンプリングタイムを100msecとし、1パルスを2回ピックアップした場合は最初のを採るようにプログラミングした。図2は7チャンネルの信号のサンプリングの状況を示す略図である。また各車線を通過する車のパルス信号と同時に、道路の手前第1車線と第2車線の分離帯から垂直方向に距離別に騒音

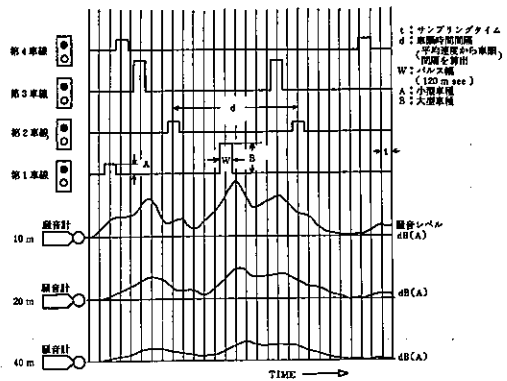


図2 PIOによる収録信号のサンプリング状況略図

レベルを測定収録している。車速の測定については、この押ボタン測定の前に、あらかじめ車線の特定区間内を通過した任意の車について経過時間を測定し、数十台の観測から平均車速を導いた。今回調査した道路では、車の流れはいつでも一群毎に流れており、しかも一群の中で速度が多少バラついているという状況にあり、市街地道路における車の流れは信号機の強い影響を受けていることが観測された。これらのことから測定項目の処理は次のように行う。

- ① 車種混合比と交通量については発生パルスの識別と積算を行い算出する。
- ② 平均速度および速度分布は、別途の測定により集計する。
- ③ 平均車頭間隔及び車頭間隔分布は、前方車のパルスと対象車のパルスの時間間隔と、②の平均速度から導く。
- ④ 大型車のパワーレベルは、手前車線を通過する大型車を対象とし、対象車の騒音レベルに寄与し



ない場合(10dB(A)以下)に限り抽出し、発生パルス直後の騒音レベルより算出する。

(4) 測定時間

測定時間は10時～15時の範囲で実施し、原則として昼休みの時間帯(12時～13時)は除いた。1回の測定時間は、コンピュータディスクの容量に限定されるため20分間と定めた。また1地点における測定回数は、交通の流れの良好な状況を選んで2回行った。

(5) 騒音測定及び処理方法

騒音測定は図1にみられる如く道路両側が開放地となっている地点を選定し、道路片側に垂直方向に精密騒音計を10m, 20m, 40mの3点に配置し、その平坦特性出力を多チャンネルデータレコーダに収録し、再生時に騒音レベル(A特性)化してPIOへ送る方法をとった。PIOでのサンプリングは100msec間隔で20分間行い、 $L_{50}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{eq}$ を算出した。

4 調査結果

対象道路の車線数は四車線以上としたが、調査した道路では一部六車線の外、四車線がほとんどであった。調査地点および調査期日を表1に示し、調査地点毎の平均速度、交通量、騒音レベル、平均車頭間隔についての結果を表2に示す。

(1) 交通量

交通量は車線別に、大型車類(プレート番号1, 2, 9)小型車類(小型貨物車類, 乗用車類)の2分類とし、1回の計測時間は20分間である。調査地点でみられた交通量は、401～1369台/20分間の範囲にあり、その最頻度は700～800台/20分間であった。大型車の混入率については5～45%の範囲にあり、その最頻値は20～30%であった。今回の調査では1地点2回の計測を行ったが、その集計値は2回ともほぼ同様な傾向にあった。

(2) 騒音

対象道路の手前車線と次の車線の境界線から10m, 20m, 40mの距離をとり、この3地点の測定から、それぞれ $L_{50}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ を算出した。今回の調査では、前年度の二車線道路に比べ交通量が多いために $L_{50}$ のレベルは、やや高く全測定地点の10m点の平均 $L_{50}$ は、71dB(A)であり、スムーズに流れる幹線道路沿道ではこの程度の状況にあると思われる。また20m点, 40m点の全平均 $L_{50}$ はそれぞれ65dB(A), 60dB(A)であ

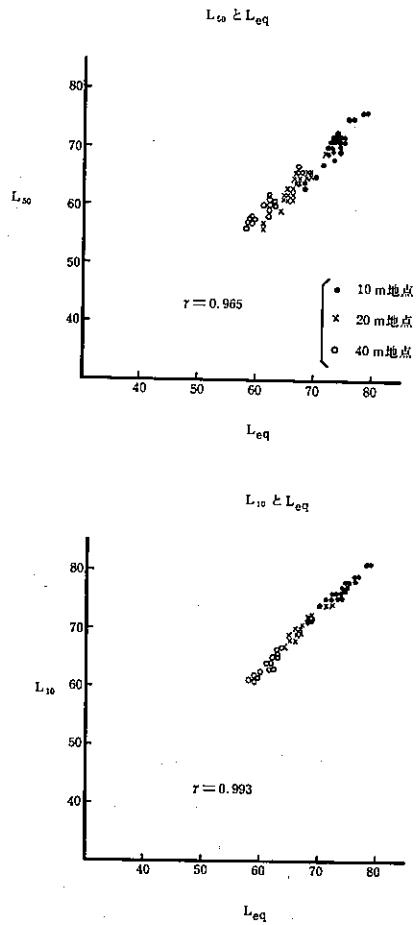


図3  $L_{50}$ と $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ と $L_{eq}$ の相関

った。次に代表的評価値と思われる $L_{50}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ について、相互の相関関係をみたものが図3である。この結果 $L_{50}$ と $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ と $L_{eq}$ ともに良い相関を持っており、相関係数はそれぞれ0.965, 0.993であった。ここで、表2の結果について交通量の多寡別に3クラスに分け、 $L_{50}$ と $L_{eq}$ の関係を調べてみると図3と同様な結果になり良い相関が得られた。また前年度の二車線道路についても同じ結果がでているのでこの程度の交通量の差では良い相関関係は崩れないことから、交通量の比較的多い定常交通流での評価量としては、三者いずれを選んでも良いと思われる。しかし交通量の少いケースでは相関が悪いという報告がある。

次に各道路の10m, 20m, 40mにおける騒音の距離減衰についてみたものが図4である。傾向としてこの程度までの距離では倍距離6dBの減衰となっている。このことは点音源減衰の傾向を示しているが、考えら

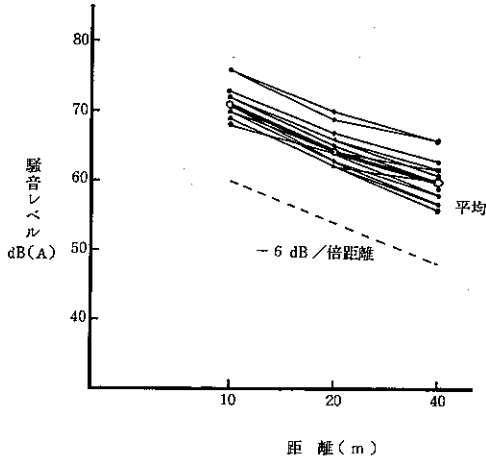


図4 L<sub>50</sub>の距離減衰

れることは大型車の騒音レベルの強い影響を受けることから支配的音源によって距離減衰が形成されると思われる。

(3) 速度

速度の計測は40m程度の道路区間を設定し、ストップウォッチにより観測した。この測定計算結果を集め、速度5Km/hごとのステップに分類し、その出現回数を整理して出現比率として、図5に示した。結果を見ると、出現速度は10~80Km/hの広い分布となっているが、40~60Km/hの範囲におおよそ70%が入っている。最頻速度は51~56Km/h、次いで56~60Km/hとなっていて、制限速度と深く関係していることがわかる。これらの速度の全平均は52.4Km/hであり、標準

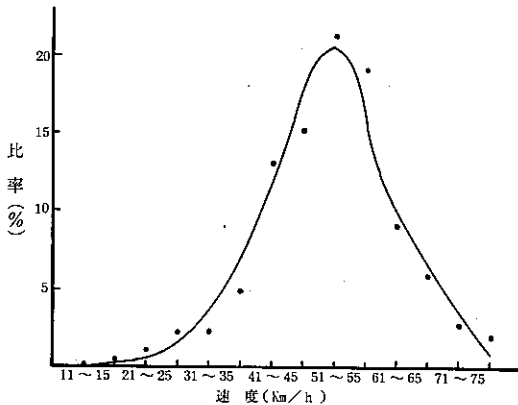


図5 速度の出現比率

偏差は11.1Km/hであった。道路を走行する自動車の速度の分布は、正規分布を形成するといわれている。そこで今回も前年度と同様に図5の分布について正規分布かどうかの適合性をみるためにカイ2乗検定により判別してみた。この結果、カイ2乗の観測値は5.30、自由度5の5%カイ2乗分布値は11.07となるので、図の速度分布は5%の有意水準で正規分布をしているといえる。

(4) 車頭間隔

車頭間隔は図1にみられるようにデータレコーダに収録された前方車(先行パルス)と対象車(対象パルス)の時間間隔と、当該道路であらかじめ計測された平均車速から算出する。従って、交通量と見合う多量のデータが得られるが、この全数をまず50mステップの頻度数に分類し、100分率として示したものが図6である。この結果を見ると、車頭間隔が50m以下のものが、約58%を占め、次いで51~100mが約20%となり、それ以後は順次比率が低下して行くいわゆる指数

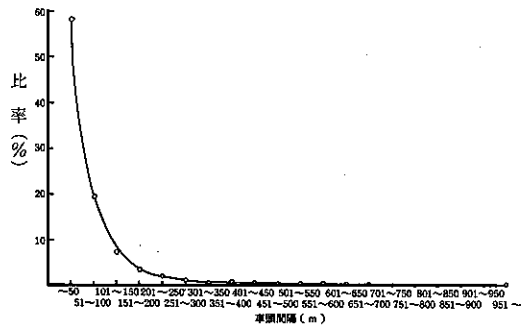


図6 車頭間隔の分布

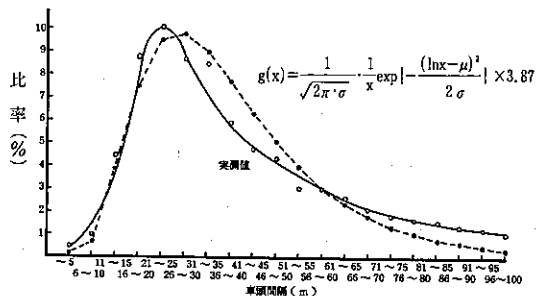


図7 車頭間隔の分布(100m以下)

分布を形成している。ここで、100 m以下が80%近くを占めているので更に詳しくみるために、5 mステップで分類し、100分率で示したものが表3、図7である。ここでの最頻車頭間隔は21~25 mの10.1%、次いで16~20 mの8.8%である。図からみられるように、指数分布形と思われるので、対数正規分布曲線をあてはめてみるために、平均値 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma$ 、を推定し、次式より求めてみたものが図7の曲線(実線)である。極めて良い一致を示している。

$$\text{対数正規分布 } g(x) = \frac{1}{z \pi \cdot \sigma} \cdot \frac{1}{x} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{z \sigma^2} \right\}$$

$$\begin{aligned} & \cdot 3.87 \\ \mu = 3.54 & \quad \sigma = 0.51 \end{aligned}$$

(5) 大型車のパワーレベル

車からの発生音を無指向性の点音源とみなして一定距離で計測された騒音レベルから車のみかけのパワーレベル(ここではパワーレベルと書く)を求めた。定常流走行時の個々の車のパワーレベルを測定することは市街地道路では困難である。特に車線数が多いと対象車以外の車の影響を受け易いので厳密な測定は難しい。

そこで音源に近接し、しかも対象音源のレベルが、暗騒音レベルより少くとも10 dB以上の差があるよう

な場合はパワーレベルに近似した値が得られると考えて、今回は大型車のみパワーレベルを測定した。測定方法は、第1車線を通過する大型車類のみを対象とし、対象車が測点正面を通過する前後3秒間は、すべての車線に大型車が存在しない場合のみそのレベルを抽出した。結果は図8に示すとおりである。ここで得られたパワーレベルは、調査道路によって平均車速が異なることと60Km/hに統一するため、速度補正(0.2v)を行っている。パワーレベル全体の平均は、106.5 dB(A)であり、標準偏差は3.86dB(A)であった。図から正規分布に似ていると思われるが、一般にパワーレベルの分布も正規分布になるといわれているので、図の正規分布の適合性についてカイ2乗検定により判定すると、カイ2乗の観測値は1.76、自由度8の5%カイ2乗値は15.5となるので、測定した大型車のパワーレベル分布は5%の有意水準で正規分布であるといえよう。

(6) 音響学会式と実測値との比較

本調査の目的の一つは、市街地道路への音響学会式の適合性を検討することである。このため音響学会式による計算値と、実測値の比較が容易に行えるように自動車走行がスムーズな場所かつ開放平坦地を選定して測定を行った。計算を行うにあたり、測定データを車線別に交通量、車種混合比、平均車頭間隔に整理し方向別に単一の音源ライン(四車線の場合、1, 2車線の境界線3, 4車線の境界線)としてまとめ受音点との距離を定めた。補正値 $\alpha_i$ については、道路構

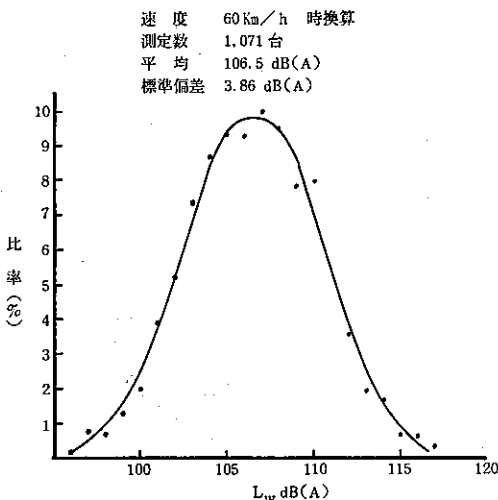


図8 パワーレベルの分布

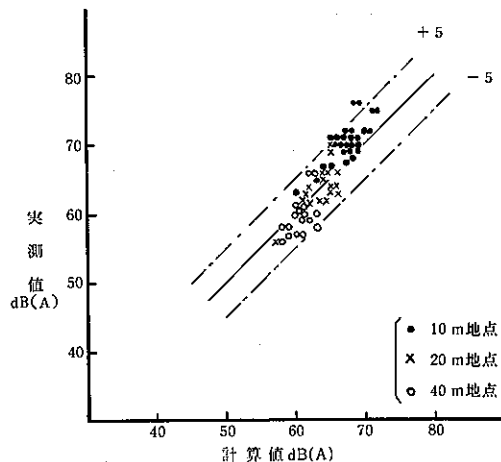


図9 実測値と計算値の比較

造は平坦、受音点高さは1.2mとし、距離別に表値を適用した。実測点は一部測定不能だった地点を除き76地点となった。76地点における実測値と計算値の関係を図9に示す。この結果をみると、±5dB以内に96%が入っていて、数地点が±5dBラインからはみ出している。この図からみられることは道路に近い距離では実測値は計算値に較べ高めのレベルとなり、遠い距離では実測値は低めのレベルとなっている。また20m地点では両者がかなり良い一致を示していることがわかる。このような結果についての若干の考察を行うと、道路に近い距離では、

- ① 仮定された手前側音源ラインと受音点の位置関係が定め難い。
- ② 近接しているため音源の指向性や点音源として一様ではない。
- ③ 路面反射等が考えられる。

道路から離れると、

- ① 点音源とみなし得るような距離となり安定するが、広く散在する反射物等の影響が出易い。
- ② 草木、目だため遮へい物等による過剰な減衰が考えられる。

従ってこのような市街地道路の場合上述の諸点を考慮してαi補正値がある程度再補正すれば実測値と計算値の差を更に縮めることが可能となる。

次に、図9の結果を実測値と計算値の差と頻度との関係を示したものが図10である。実測値と計算値の差

が±2dBに入るものが全体の64%、±1dBに入るものは36%となっていて予測の確率としては良好と思われるが、更に確率を向上させるためには、上述のような補正値についての若干の再補正が必要と思われる。

(7) 前年度調査(55年度)と本調査(56年度)との比較

表4は55年度二車線道路調査時と56年度四車線道路調査時の各調査項目の概要の比較である。二車線道路の調査地点は、交通量が比較的少ない郊外道路が多く、56年度四車線道路の調査地点は郊外ではあるが、幹線道路沿道で実施したものである。従って交通量もかなり差があるので、調査項目同志の内容に多少差異が出るものと考えたが、大方の傾向は一致していた。即ち、騒音評価値相互の相関関係が良いこと、また速度の分布が正規分布であること、車頭間隔が指数分布であること、大型車のパワーレベルはほとんど同一であり、パワーレベルが正規分布していること等、道路条件が異なっても、このような傾向が変らないことがわかった。従って市街地における定常交通流はこれら項目にみられるような統計分布の性格があり、それらの平均値μや標準偏差σを特定することによって、コンピュータシミュレーションによる確度の高い予測が可能と考えられる。

### 5 ま と め

55~56年度の2年度にわたり市街地における定常交通流道路(以下道路という)騒音調査を行ったが、こ

表4 前報調査との比較

	56年度	55年度
騒音	$L_{50} \cdot 63 \sim 76$ dB(A) (10m地点) 相関 $L_{50}$ と $Leq$ 0.965 $L_{10}$ と $Leq$ 0.993	$L_{50} \cdot 55 \sim 73$ dB(A) (10m地点) 相関 $L_{50}$ と $Leq$ 0.920 $L_{10}$ と $Leq$ 0.990
対照道路	4車線道路 (含6車線・2カ所)	2車線道路
交通量	401~1369台/20分間 最頻 700~800台/20分間	170~564台/20分間 最頻 200~270台/20分間
混入率	5~45%	11~57%
速度	平均 52.4 Km/h, 40~60Km/h は全体の約56% 正規分布, 標準偏差 11.1 Km/h	平均 48.3 Km/h, 40~59Km/h は全体の約60% %, 正規分布, 標準偏差 12.4 Km/h
車頭間隔	最頻 21~25m で全体の約10% 指数分布・100m 以上は約23%	最頻は 20~24m で全体の約9% 指数分布・100m 以上は約31%
パワーレベル (大型車類)	平均 106.5 dB(A) (60Km/h時) 標準偏差 3.9 dB(A), 正規分布	平均 106.0 (60~69 Km/h時) 標準偏差 3.8 dB(A), 正規分布
実測と計算 値の比較	±5dB(A) 96% ±2.5 dB(A) 64%	±5dB(A) 100% ±2.5 dB(A) 60%

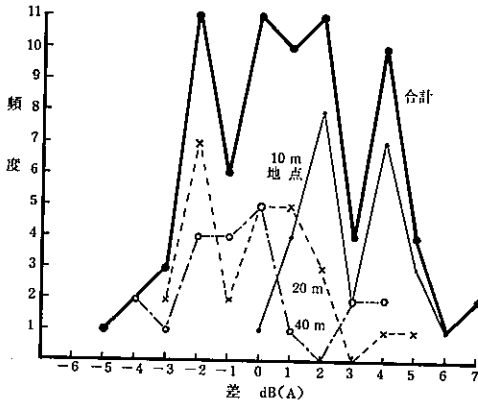


図10 実測値と計算値の比較

の調査の目的は、道路騒音予測のためのシミュレーション用基礎データの収集と音響学会式の適用性の検討を行うことであった。そこでこの2点についての結果をまとめると次のようになる。

(1) 騒音

① 道路沿道における  $L_{50}$ 、 $L_{eq}$ 、 $L_{10}$ 、相互の相関関係は良好であり、特に  $L_{eq} - L_{10}$  の相関は非常に良い。

② 道路端から40mまでの距離減衰は、概ね倍距離6dBの減衰となっている。

(2) 速度

道路における自動車の速度の分布は正規分布を形成しており、制限速度にも関連しているが、平均速度  $\mu$  は50km/h前後、標準偏差  $\sigma$  は、11km/h～12km/hとなっている。

(3) 車頭間隔

道路における自動車の車頭間隔の分布は、上流信号の影響を強く受けるが、指数分布を形成しており、対数正規分布で示すと、 $\mu = 0.51$   $\sigma = 3.55$ である。特に100m以上の車頭間隔のものが道路の状況により20%以上存在する。

(4) 大型車パワーレベル

問題となる大型車のパワーレベルの分布は正規分布を形成しており速度60km/hにまとめると、 $\mu = 106 \sim 107$  dB (A)  $\sigma = 3.9$ となった。

(5) 音響学会式と実測値の関係

両者の差でみると±5dB (A)以内に96%が入っており、±2.5 dB (A)では60%以上が入っていた。市街地の事情から補正值  $\alpha_i$  に若干の補正を加えると、更に相関が向上し、道路騒音予測に適用可能と考えられる。

6 おわりに

東京都の市街地道路の交通事情は年々悪化の傾向にあり、基本となる定常交通流騒音の実態を調査するための場所(信号区間が長く、交通渋滞がなく且つ開放平坦)探しは困難であった。結局、東京から放射状に伸びる各幹線道路での測定は、隣接県内で行う結果となった。

これらの事情から沿道の騒音の予測には、定常非定常交通流部分のみでなく、渋滞の実態や、高架、掘割、沿道建物等の騒音影響実態等多くの調査が必要であることを感じている。騒音源であるパワーレベルについてもこれから先騒音低減規制が進むにつれてパワーレベルの統計分布の平均値や標準偏差が多少変化して行くと考えられるので、その都都市街地道路での実態把握が必要であろう。以上、調査すべき諸点は多いが、基本となる市街地定常交通流の実態については、その概要を把握できたと考えている。57年度からは沿道における非定常交通流について調査研究をすすめていく所存である。

参考文献

- 1) 日本音響学会：道路交通騒音の予測計算方法に関する研究報告 (1975)。
- 2) 建設省：自動車交通騒音の予測計算方法。
- 3) 福田治郎：応用統計学入門，日刊工業新聞社。