

騒音予測のための二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1報—

小林正雄 高山 孝 末岡伸一

1 はじめに

昭和56年度より、東京都の環境影響評価条例が施行され、今後市街地道路の新設・改造等については影響予測を行うことが必要となった。影響予測のうち、自動車の走行によって発生する騒音の予測については、各種の予測手法が検討されている。従来、定常走行時の道路騒音については多くのモデルに基づく計算方法が提出され、自動車専用道路またはこれに準ずる道路の騒音予測に実用されている。しかし、市街地道路のように交通流が非定常な場合の騒音予測については、最近いくつかの研究が発表されているが、まだ実用化には至っていない。従って、市街地道路のような非定常交通流における騒音予測の方法の確立がのぞまれている。

そこで、本研究では市街地道路に適用できる、定常・非定常交通流での騒音予測方法の実用化を検討することとした。研究計画は5年間にわたるが、昭和55年度では基礎データの収集を目的とし、1・2車線道路の定常交通流部分で調査を行った。この結果を第1報として報告する。

2 研究概要

道路騒音の予測方法は、大きく分けて実測データに基づく予測（経験則による方法）、数学的モデルによる予測（解析的な方法・計算機シミュレーションによる方法）等がある。このうち、市街地道路における騒音予測については、計算機によるシミュレーションが有効な方法と考えられている。この方法は、想定する道路騒音のモデルを計算機プログラムに置き換え、適当な確率乱数を用いて直接評価値を算出する方法である。従って、現実の複雑な道路交通の諸要因を計算過程に容易に導入することができ、かなりの精度が期待できる。さらに、中央値のみでなく、種々の評価量を

算出することができる利点がある。一方、現在最も多く利用されている定常交通流における道路騒音の予測手法は、日本音響学会が提案¹⁾しているものである。この予測手法は基本的には一車線等間隔および半自由空間での伝搬理論式から導かれたので、毎時1,000台以上の自動車が30~100km/hの速度で定常走行する場合の中央値を予測するものである。従って、このままで市街地道路に適用するには適用限界を越えており、実用上問題があると考えられる。しかし、取扱いが簡便、モデルの骨組が単純明確、汎用性が他モデルに較べ大きい等の理由により最も多く利用されている。

以上のことから、本研究では計算機によるシミュレーションと音響学会による道路騒音予測方法を有力な方法と考え、それに必要な基礎データの収集からはじめることとした。

研究計画は道路騒音を道路沿道におけるものと、沿道建物の後背地への伝搬性状を予測するものに分け、後者は縮尺模型実験を用いて研究を進め、市街地道路における道路騒音予測手法の整備を行うこととした。

研究の流れは定常交通流に関する調査研究から進めることとし、昭和55年度は2車線道路まで、昭和56年度は4車線以上の道路について調査し基礎データを収集する。さらに昭和57年度からは、信号個所・交差点付近の非定常流に関して調査研究を行っていく予定である。

3 調査方法

定常走行時の道路騒音に関する調査資料は多く見受けられるが、車の走行状態と騒音レベルの動的観測データは少い。しかし、この観測データは予測を行ううえで最も必要となる。そこで、本研究では多量のデータを収集し、コンピュータを利用して処理すること

とした。

(1) 調査項目

- ① 平均速度
- ② 速度分布
- ③ 平均車頭間隔
- ④ 車頭間隔分布
- ⑤ 交通量
- ⑥ 車種混合比
- ⑦ 騒音レベル
- ⑧ 車種別のパワーレベル
- ⑨ パワーレベルの速度依存性

(2) 測定地点

定常交通流部分の調査を目的としているので、測定地点は渋滞がなく、車がスムーズに走行する（信号区間のできるだけ長い）地点が必要となる。また、基礎データとするため、道路周辺状況は平坦開放地を対象とした。

これらの限定された条件での調査地点の選定はかなり難しく、結果として、交通量が比較的少なく、車の流れが断続的な傾向を示す地点が含まれてしまった。

(3) 交通流調査方法

データ数が多く、解析処理が複雑となるため、コンピュータによる処理を計画し、走行する各車両について、速度・車頭間隔・騒音レベル等を信号化してデータレコーダに収録した。

この測定方法を図1に従って簡単に説明すると、1車線につきゲート（目印）を一定間隔を置いて2カ所（A・B）設け、車頭がAゲートを通過する瞬間にAスイッチボタンを押し、次にBゲート通過時にBスイッチボタンを押す。このスイッチボタンの信号をパルス（定方形波化）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。

図1はコンピュータへの入力化方法を示したものである。まず、対象車が通過する際のデータレコーダ記録信号は2つのパルス（A・Bパルス）となりAパルスはゲート通過合図を、Bパルスはゲート通過合図と車種を識別する。

このことから

- ① 対象車の速度はAパルスとBパルスの時間間隔より算出する。
- ② 対象車の車頭間隔は前方車のAパルスと対象車のAパルスの時間間隔と速度から算出する。

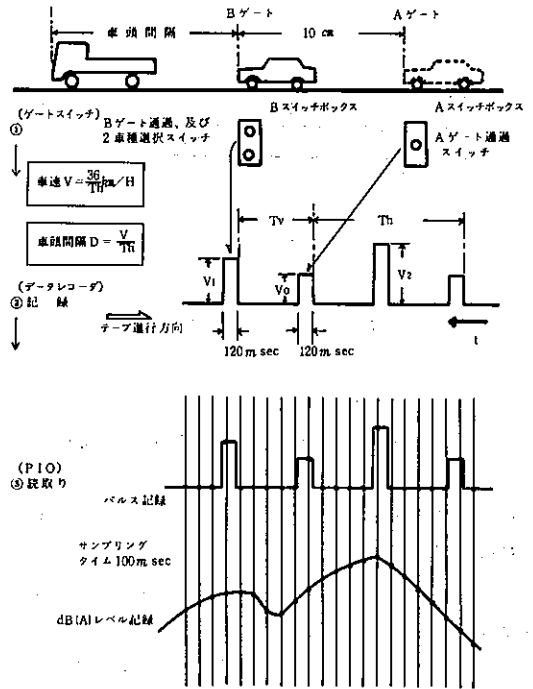


図1 測定方法

③ 対象車の車種はBパルスの信号電圧値から識別する。

④ 対象車のパワーレベルは対象車以外の車が、対象車の騒音レベルに寄与しない場合（10dB(A)以下）に限り、Bゲート通過直後の騒音レベルより算出する。

次に、入出力装置（P I O）の信号ピックアップ方法であるが、測定精度とコンピュータのディスクのメモリー容量から、サンプリングタイムを100msecと定めた。このサンプリングタイムでパルス信号を必ずピックアップするためには、パルス幅は100msec以上必要なので、その幅を120msecとした。ただし、1パルスを2回ピックアップした場合は最初のものを採るようにプログラミングした。

図2は実際の測定配置状況を示した平面図である。この測定方法の利点と問題点を列記してみると、まず利点として

- ① 収集データがコンピュータ直結可能なので作業能率が良く、多量のデータ処理ができる。
- ② 路面にセンサーを設置しないので、道路使用についての手続きが不要である。
- ③ 調査事前準備が比較的簡単である。

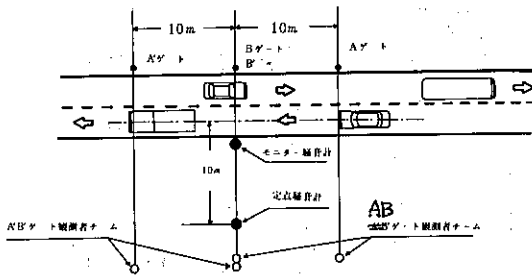


図2 測定配置状況

また、問題点としては

- ① 1車線に2名の調査員を必要とするので、調査員が多くなる。
- ② ゲートを通る車を目で判断し、スイッチを押すので多少の誤差を生ずる。
- ③ P I Oのサンプリングタイムを100 msecとしたため、多少の誤差を生ずる。

等があげられる。特に②の点については、スイッチ操作次第で速度、車頭間隔に大きな影響をおよぼすので、この点について測定誤差がどの程度あるか事前調査を行った。

調査は一方通行の1車線道路を利用し、ゲートを1個所設けて、車の通過に反応する光電管を設置した。ゲート背後には、道路に垂直方向に被験者である測定員を配置し、車がゲートに入る瞬間の光電管による基準パルスと手動によるパルスの比較を行った。

結果は図3に示すように、観測者に個人差があり、

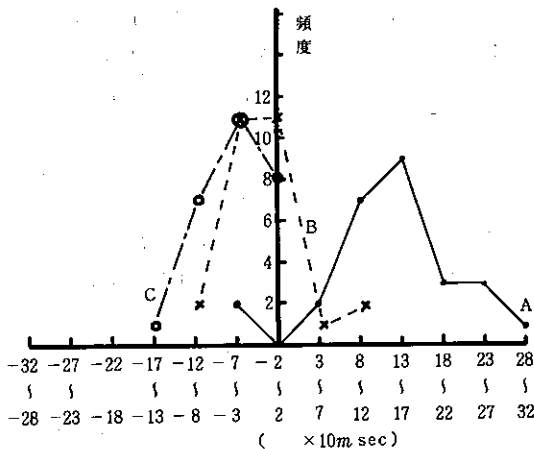


図3 手信号と自動信号の時間差の個人分布

標準偏差は最大 $\sigma = 7.7$ msec, 最少 $\sigma = 4.4$ msecとなり、当初考えていたより小さな誤差となった。しかし、誤差が人により+側又は-側にかたよる傾向があったので、実際の計測時にはチームの構成にこの点を配慮することとした。

(4) 測定時間

測定時間は10時~15時の範囲で、原則として昼休みの時間帯(12時~13時)は除いた。測定時間幅はデータレコーダに収録するため長時間の測定も可能であるが、コンピュータの容量により限定される。そのため、入出力装置(P I O)のサンプリングタイムにより、1回の処理量が定まるので、この兼ねあいから、1回の測定時間を20分間と定めた。1地点における測定回数は20分間づつ、3回測定を行い、測定状況の良好なものを基礎データとして用いた。

(5) 騒音測定方法

騒音は道路端等に精密騒音計を配置し、データレコーダに交流信号と共に収録した。このテープを再生し、100 msec間隔で20分間サンプリングさせ、 $L_{50} \cdot L_{10} \cdot Leq$ を算出した。測定場所は道路端1m地点と、手前車線中心から10m地点の2カ所とした。

4 調査結果

調査場所の一覧および調査結果を表1に示す。対象道路は原則として対向2車線であるが、湾岸道路については同方向2車線であった。調査結果については、速度・車頭間隔は測定車線別の平均で示し、交通量については車種別の20分間あたりの通過台数とした。なお、車種の分類は大型車類(プレート番号1・2・9)と小型車類(小型貨物車類・乗用車類)の2分類とした。

(1) 騒音

今回の調査では2カ所で騒音の測定を行ったが、道路端の騒音測定値は音源に近かすぎる等の理由により、手前車線中心から10m地点の騒音レベルを用いて以後の検討を行った。

測定結果は表1に示したように、 L_{50} は55~73 dB(A), L_{10} は65~80 dB(A), Leq は63~76 dB(A)であった。 $L_{50} \cdot L_{10} \cdot Leq$ の関係を図4に示した。この結果、 L_{10} と Leq は特に良い相関を持っており、相関係数は0.99であった。道路端の L_{50} のみみると、湾岸道路・国道16号が71~79 dB

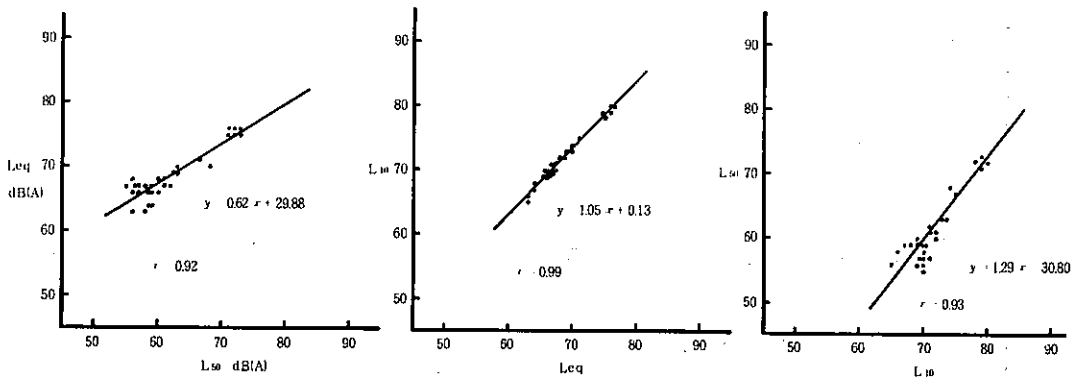


図4 $L_{50} \cdot L_{10} \cdot L_{eq}$ の関係

(A)で、その他が60~69 dB(A)となっている。一方、都内の道路の道路端1m地点の L_{50} 平均騒音レベルを道路種別にもと、国道74 dB(A)・主要地方道70 dB(A)・一般特例都道68 dB(A)・区道60 dB(A)となっている²⁾。従って、今回調査した道路の多くは、主要地方道よりは低いレベルである。

(2) 速度

計測した速度を10 km/hごとのステップに分類し、その平均比率を図5に示した。この図は、全計測のなかから比較的スムーズに自動車が行走している場合を選定し、平均したものである。

この結果、出現速度は広い分布となっているものの、40~59 km/hの範囲で約60%を占めており、最頻速度は40~49 km/h、次いで50~59 km/hとなっている。速度の全平均は48.3 km/hで標準偏

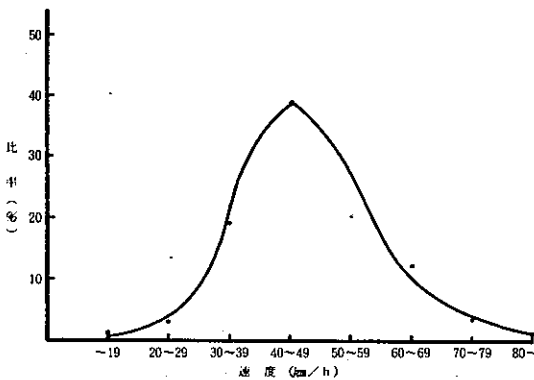


図5 速度の分布

差は12.4 km/hであった。

一般に、道路を走行する自動車の速度も図5に示すように、正規分布に近い形をしているので、その適合性についてカイ2乗検定を行い判定することとした。

その結果、カイ2乗の観測値は6.11、自由度3の5%カイ2乗分布値は7.28なので、計測結果の速度分布は5%有意水準で正規分布をしているといえる。

なお、調査対象となった道路の制限速度は沿岸道路のみ50 km/hで、他は40 km/hであった。

(3) 車頭間隔

調査結果は全体を100mステップで分類し、さらに頻度が高い100m以下の車頭間隔については5mステップで分類し、図6・図7に示した。これによると、平均では100m以下が約70%を占め、25~29m付近で最大となっている。また、700m以上の長い車頭間隔も約2%観測されている。この結果、実際の道路を走行する自動車の車頭間隔は広く分布しているが一樣ではなく、かなり長い車頭間隔も出現している。この長い車頭間隔は、信号により制御される車の集団間の距離で、従って信号による影響が大きいといえる。

車頭間隔の分布形については、現在多くの研究が行われている。その結果では、車頭間隔は指数分布モデルが最も適応性があるといわれている。そこで、本調査でも図6・図7に示した車頭間隔の分布を検討してみることにした。

今回得られた結果は、車頭間隔は100m付近を境とし分布が大きくかわっている。そのため、分布を検討するにあたり100mで2つに分け、100m以上

表 1 調 査 結 果

No	測定 No	場 所	道 路 名	道路幅 (m)	平均速度 (km/h)	平均車頭 間隔(m)	交 通 量 (台/20分)		騒 音 dB(A)			備 考	
							小 型	大 型	計	L ₅₀ 道 路	L ₁₀ 路 端		Leq
1	0 5 1 1	調布市深大寺町		10.4	43 手前車線 対向車線	107 133	124 81	14 11	138 92	60 59	73 67	69 64	中央分離帯あり
2	0 6 1 1	品川区大井	東京湾環道 路	片側6	52 43	50 67	178 97	169 120	347 217	77 72	84 79	80 75	片側2車線
3	0 6 1 2				70 48	67 71	206 88	140 127	346 215	76 72	84 78	80 75	
4	0 6 2 1				68 47	74 81	163 99	126 98	289 197	75 71	83 79	80 75	
5	0 7 1 1	入間市二本木	国道16号	7.2	44 53	74 106	95 95	102 82	197 177	71 67	81 75	77 71	
6	0 7 2 1				42 46	77 96	115 90	74 69	189 159	71 68	80 74	76 70	
7	0 8 1 1	八王子市谷野町		6	52 -	133 181	117 132	12 13	129 145	66 59	77 68	73 64	
8	0 8 1 2				46 -	153 223	87 99	14 12	101 111	61 56	75 65	72 63	
9	0 8 2 1				45 -	131 213	105 106	9 16	114 122	63 58	75 66	72 63	
10	0 9 1 1	青梅市藤橋		6.2	44 51	158 197	64 51	22 33	86 84	62 57	78 70	76 67	
11	0 9 2 1				41 53	159 209	61 50	25 33	86 83	62 57	78 70	75 66	
12	0 9 3 1				40 46	115 145	79 60	40 45	119 105	65 60	80 72	76 68	
13	1 0 1 1	立川市砂川町	五日市街道	6	52 44	163 121	79 104	21 15	100 119	62 59	74 69	71 66	
14	1 0 2 1				52 46	145 137	94 84	26 16	120 100	61 59	75 70	72 66	
15	1 0 2 2				49 42	153 126	94 98	15 19	109 117	63 60	74 69	71 66	

16	1 1 1 1	品川区大井	東京湾片道 路	片側6	45 67 46 66 43 74	60 82 62 102 62 118	129 84 137 91 117 91	116 172 99 117 105 108	245 256 236 208 222 199	79 73 77 71 77 72	87 80 87 79 87 80	84 76 84 76 84 76	片側2車線
17	1 1 1 2				52 53 52 48 51 49	136 99 145 128 135 132	76 97 71 77 73 81	46 79 47 54 50 46	122 176 118 131 123 127	69 63 67 63 66 63	80 73 80 73 80 73	77 69 78 70 77 69	
18	1 1 2 1				50 57 47 55 46 52	151 184 221 181 155 160	84 98 67 83 80 92	24 11 3 23 19 22	108 109 70 106 99 114	63 58 61 56 64 59	75 70 74 69 76 70	73 67 71 66 73 67	
19	1 2 1 1	秋川市二宮		6	39 58 37 55 36 53	145 188 97 184 94 197	53 62 85 54 78 49	35 35 41 39 45 42	88 97 126 93 123 91	67 56 68 57 69 57	81 70 81 70 82 71	77 67 77 68 78 67	
20	1 2 2 1				45 50 48 51	108 135 120 116	82 82 90 81	55 41 33 63	137 123 123 144	66 61 67 62	80 71 79 71	77 67 76 67	
21	1 2 2 2				52 41	165 128	72 77	34 30	106 107	66 61	79 72	76 68	
22	1 3 1 1	秋川市雨間	五日市街道	7.8									
23	1 3 1 2												
24	1 3 2 1												
25	1 4 1 1	青梅市藤橋		6.2									
26	1 4 2 1												
27	1 4 2 2												
28	1 6 2 1	秋川市二宮		6									
29	1 6 2 2												
30	1 7 0 1	秋川市雨間	五日町街道	7.8									

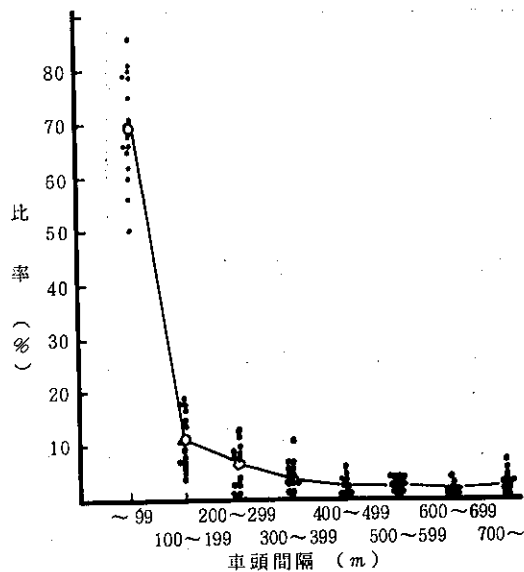


図6 車頭間隔の分布

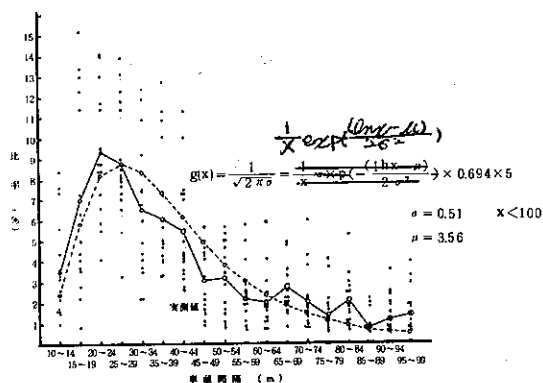


図7 車頭間隔の分布

については一様分布として取扱うこととした。

図7から100m以下の車頭間隔の分布は対数正規分布とみられるので、 $\mu \cdot \sigma$ を推定して対数正規分布をあてはめてみた。

この結果は図7にも示すように

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \frac{1}{x} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\}$$

× 3.47

$$\sigma = 0.51 \quad \mu = 3.56$$

が得られた。

調査結果とこの $g(x)$ の適合性についてカイ2乗検定を行ったところ、カイ2乗の観測値は6.3であった。一方、自由度7の5%カイ2乗分布値は14.1なので、調査結果とこの $g(x)$ は5%の有意水準で適合しているといえる。

また、100m以上については一様分布とみなすこととした。

(4) パワーレベル

手前車線中心から10m地点で測定した騒音レベルをもとに車種・速度別にパワーレベルを算出し、図8・図9に示した。

結果は平均パワーレベルが小型車類で95~98dB(A)、大型車類では105~107dB(A)となった。速度との関係は、今回の調査結果は速度への依存が小さく、特に大型車類では逆に減少するランクもみ

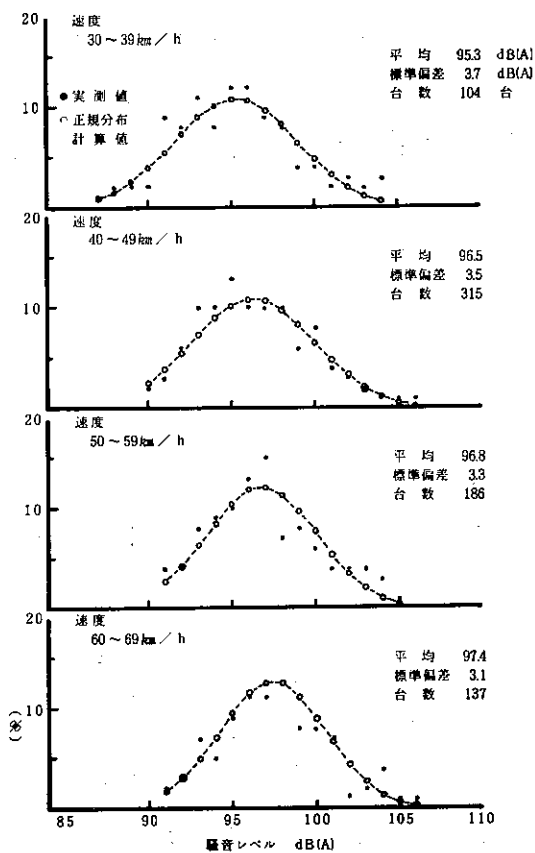


図8 パワーレベルの分布 (小型車類)

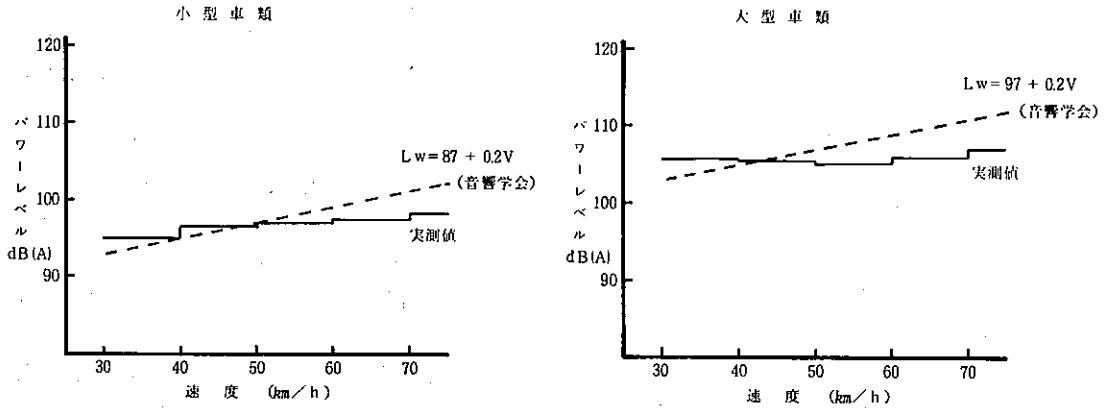


図10 パワーレベルと速度

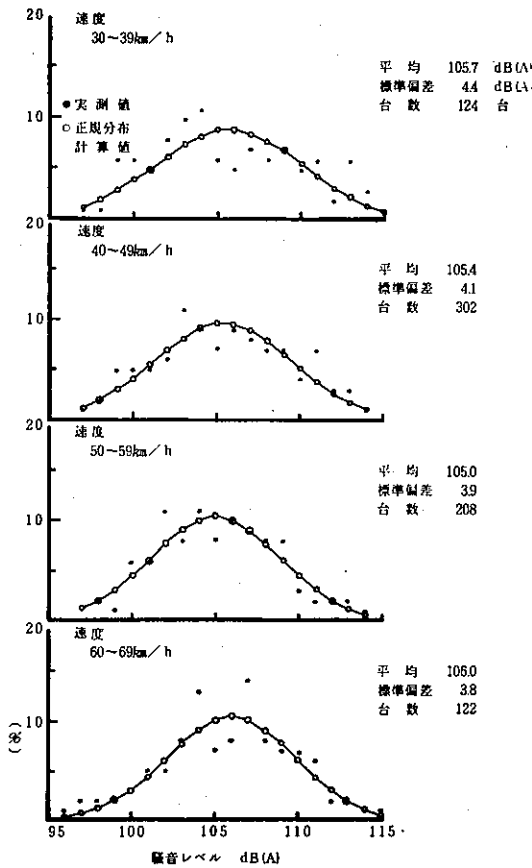


図9 パワーレベルの分布 (大型車類)

られた。さらに、音響学会より発表されたパワーレベルと比較し図10に示したが、大型車類の高速部分については差が大きくなっている。大型車類は種々の

原因でバラツキが大きく、速度だけは十分説明できず、速度への依存は小さい結果となった。一般に大型車は車種が多様であり、発生騒音に対し個体あるいは型式による差が大きく、速度の他にも車両重量・タイヤ種別・整備状況・使用年数・走行距離・積載状況等で発生騒音の大きさに影響を与える。従って、大型車類のパワーレベルについては、これらの要因についても配慮した分類法の検討も必要であろう。

各速度ランクにおけるパワーレベルの分布型は、図8・図9に示したように正規分布に近い型をしている。そこで、車種・速度ランク別にカイ2乗検定したところ、30~69 km/hの速度範囲で、5%の有意水準で正規分布をしていると判定できた。

(5) 音響学会の予測方法

音響学会から発表された騒音レベルの中央値を推定する方法により L_{50} を算出し、実測値と比較してその実用性について検討してみた。

計算には計測した車種別台数および平均速度を用い、車頭間隔についてはこれらにより算出したものを利用した。距離減衰補正值 α は道路構造・受音点高さ・路肩端からの距離により決定されるが、今回の調査地点では道路構造は平坦・受音点高さ1.2 m・路肩端からの距離は8 m前後であった。従って、 α はこれらの条件をもとに、交通量が1,000台/時以上の場合は音響学会の値を、それ以下の場合は参考値⁴⁾を用いて決定した。今回の調査の α はいずれも-7 dB(A)ぐらいであった。

結果は図11に示したように、(実測値-計算値)

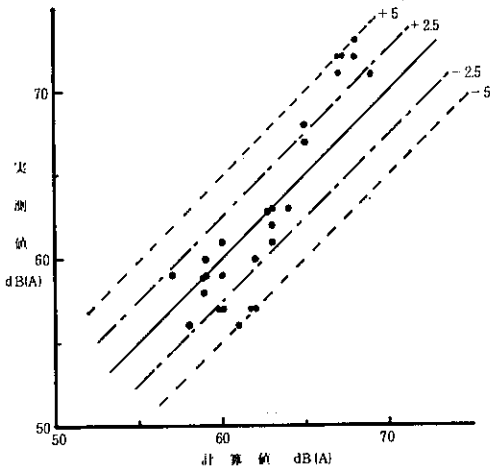


図11 実測値と計算値

はすべて ± 5 dB(A)以内で、 ± 2.5 dB(A)以内は全体の約60%であった。このように今回の調査では実測値と計算値は比較的近い値がえられたが、今後さらにデータを蓄積するとともに、多車線道路についても計測し、その実用性について検討していくつもりである。

5 ま と め

今回の調査では、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予測方法の適用性の検討を行った。結果をまとめると次のようである。

- (1) 10 m地点で測定した騒音レベルの評価量 $L_{10} \cdot L_{50} \cdot L_{eq}$ はたがいに良い相関があり、そのうち特に L_{10} と L_{eq} は良く、相関係数は0.99であった。
- (2) 速度の計測結果では、出現速度は広い分布となっており、最頻速度は40~49 km/hであった。また、分布をみると40~59 km/hで約60%を占めており、分布の型は正規分布をしていた。
- (3) 車頭間隔は広く分布しているが、平均では100 m以下が約70%を占め、25~29 m付近で最大と

なっている。また、700 m以上の長い車頭間隔も約2%観測されている。分布の形については、区間毎の平均値を基に対数正規分布をあてはめたところ、良い適合性を得られた。

(4) 車種、速度別のパワーレベルは平均で小型車数が95~98 dB(A)、大型車種で105~107 dB(A)となった。速度への依存性は小さく、特に大型車種ではこの傾向は強かった。また、速度別のパワーレベルの分布形は30~69 km/hの範囲では有意水準5%で正規分布をしていた。

(5) 音響学会の予測方法による計算値と実測値を比較したところ、(実測値-計算値)はすべて ± 5 dB(A)以内であり、 ± 2.5 dB(A)以内は全体の約60%であった。従って今回の調査では、この予測方法による計算値は実測値と比較的良好な適合をしているといえる。

6 お わ り に

今回の調査は以上のような結果で、当初の計画を達成できたと考えている。しかし、今後の課題もいくつかあり、それを列記してみると、

- (1) 速度の計測方法
- (2) 車種分類
- (3) 音響学会予測方法の道路からさらに離れた場所での適合性

このような問題を検討しつつ、次報では4車線以上の道路における交通流調査結果を報告する予定である。

参 考 文 献

- 1) 石井聖光：道路交通騒音予測手法に関する研究，日本音響学会誌，Vol 33，No 8，1977.
- 2) 小林正雄ほか：自動車騒音による生活影響調査，東京都公害研究所年報，1975，第6巻.
- 3) 福田治郎：応用統計学入門，日刊工業新聞社.
- 4) 建設省：道路交通騒音の予測方法について.