

# 道路交通騒音対策に関する模型実験(第1報)\*

—実験装置の特性試験と2, 3の実験例について—

鈴木 富雄\*\*・枝 雅之\*\*・見留 与吉\*\*

## 1. はじめに

近年、騒音防止対策を行なうにあたって縮尺音響模型実験による検討が、有効な方法としてとりあげられる傾向にある。騒音防止のための模型実験は次の点において有効である。騒音の伝はん性を立体的かつ広範囲にとらえることができ、計算や理論のうえでは取扱いにくい複雑な現場の状況に対しても目的に適合した模型で検討することにより、対策等を実験的に予測することができる。しかし、現在の測定系統等において満足のいかない面もあり、今後の模型実験の技法のうえで改良を行なう必要がある。本報告は、道路網の発展に伴い、複雑化している道路周辺地域に対する道路交通騒音の影響とその防止に関する模型実験を行なったので報告する。

## 2. 実験の方法

道路交通騒音の伝搬、分布の性状を求めるため、実物道路を1/20に縮尺した模型を用いて、防音室内にて実験を行なった。縮尺1/20の模型で扱う音の波長は、実際の1/20にしなければならない。周波数 $f$ と波長 $\lambda$ とは、 $\lambda \sim 1/f$ の関係にあるから、模型では実際の音を20倍した周波数の音が使用される。従来、模型実験に際して、自動車騒音の代表周波数が400~1kHzにあると考えられていたことから、測定周波数を決め、その代表周波数の伝搬、分布の性状を求めている。今回の実験では、実際の交通騒音スペクトル(一般道路及び高速道路)を用いて、100Hz~2.5KHz(模型では2KHz~50KHz)の範囲で実際の交通騒音スペクトルを合致させ、測定を行なった。

音源の形態は、交通量の多い場合は線音源として取扱うのが適当であると考えられることから、模型実験用の機械的線音源を用いた。模型に用いた材料は、実物と吸音率が等価となる材料を選定し使用した。測定手法としては、以上の諸点を十分注意し、道路模型を製作し、その上に設置された音源を用い、各実験ごとに音圧レベルを測定することで、音圧分布を求めた。受音点付近(民地側)の地表面は、地域により異なり、その反射、吸収による影響は複雑であると考えられるので、今回の実験

では、道路模型を防音室床面からの反射の影響のない、いわゆる自由空間となる高さ(道路面は、床面より20cm高とし、床面には吸音マットを敷く)において実験を行なった。

### 2.1 防音室

本実験に使用した防音室は、計器の校正、屋外での騒音の伝搬特性を試験するための模型実験を行なう目的で作られたもので、平面図を図1に、断面図を図2に示す。防音室の有効内寸法は、6.0m×5.0m×2.7m(高さ)で、床面を除く5面は吸音材(グラスウール)で吸音処理されており、床面は、コンクリートの上に取外し可能な吸音マットを敷きつめてある。この防音室の遮音

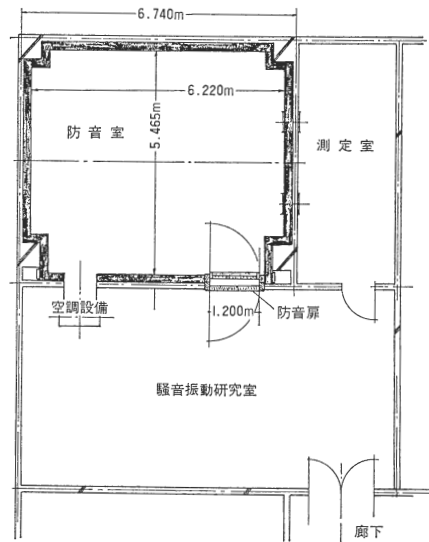


図1 防音室平面図

\* Scale Model Experiments Traffic Noise Control-Acoustical Characteristics of the Devices for Scale Model Experiments and Some Experiments

\*\* Tomio SUZUKI, Masayuki EDA, Yokichi MITOME  
(川崎市公害研究所) Kawasaki Municipal Research Institute for Environmental Protection.

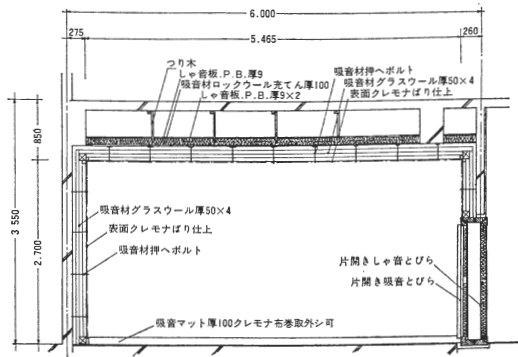


図2 防音室断面図

特性は、スピーカー音源のオクターブバンドノイズによる測定では、扉部分でのレベル差は 63Hz で 30dB, 1 KHz では 60dB 程度であり、測定室側でのレベル差は 63Hz で 35dB, 1 KHz では 60dB 程度という結果が得られている。そして防音室内の暗騒音は通常時で 25dB (A) 以下である。

2・1・1 防音室内暗騒音

本実験に用いられる測定周波数帯 (2 KHz~50KHz) における暗騒音を室内中央で測定した結果を表1に示す。なお、この場合の暗騒音とは測定計器のノイズ成分も含めたものを指している。表1にみるように、超音波帯域での暗騒音は、実験において測定値として得られる音圧に比べ十分低い値を示している。

表1 防音室暗騒音

周波数 (KHz)	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3
音圧レベル (dB)	35.0	34.0	33.0	32.5	31.5	31.5	31.0	31.0	31.0
周波数 (KHz)	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
音圧レベル (dB)	31.0	31.0	31.5	32.0	32.5	33.5	34.0	35.0	36.0

2・1・2 逆二乗特性

防音室内において、超音波帯域での逆二乗特性は図3のようになる。これはスピーカを床上1.2mの高さにセットし1/3オクターブバンド白色雑音について測定したものである。縦軸は相対音圧レベル、横軸は音源からの距離を示してある。図中に実線で示した直線は、理論的な点音源からの距離減衰 (-6 dB/倍距離) を示している。

2・2 模型音源

多数の自動車が連続して走行する道路では、線音源と考えられるので、今回の実験では各々の計測ケースとも線音源として扱うに十分であるので、模型音源として線音源を使用した。模型線音源の条件としては、

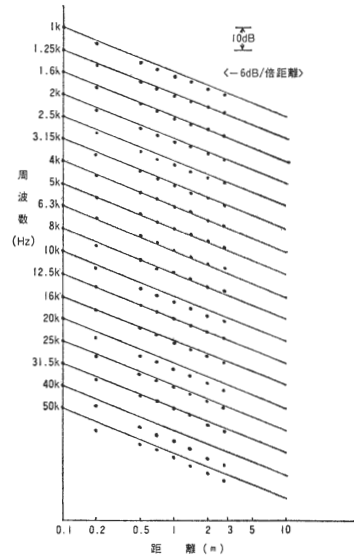


図3 点音源距離減衰特性

(イ)計測に用いる周波数帯 (2 KHz~50KHz) の音が十分なパワーがあり、安定していること、(ロ)線音源の理論的距離減衰特性として、<-6 dB/倍距離>を示すこと。(ハ)平行方向に指向性のない均一な音圧分布であること。などがあげられる。

今回の実験で使用した線音源装置は、図4に示すような機械的線音源発生装置を用いた。この音源は、200mmの間隔ごとに50個の鋼球を入れたステンレスのカーテンレールを鉄パイプに3本巻きつけたもので、これを回転させることにより、内部の鋼球が互に衝突したり、カーテンレールの壁をランダムに打撃したりして発生する音を利用したものである。この音源の音響特性を図5に示す。

これからもわかるように測定周波数帯域では十分なパワーが得られている。なお、鉄パイプを回転させるモー

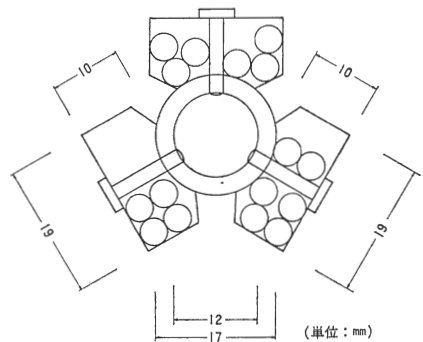
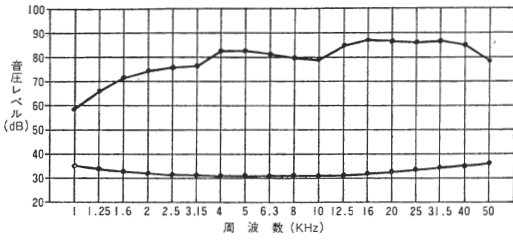


図4 線音源の構造



(上段は模型音源の音響特性を示し、下段は、防音室の測定計器のノイズ成分を含めた暗騒音を示している)

図5 模型音源音響特性 (音源中心より1 m)

ターやギヤの騒音の周波数成分は低く、この測定周波数帯域(2 KHz~50KHz)への影響は十分無視し得るものであった。

2.2.1 模型音源の距離減衰特性

この線音源装置1本の距離減衰特性を図6に示す。この図より、線音源としての距離減衰特性(-3 dB/倍距離)をほぼ示していることが分る。

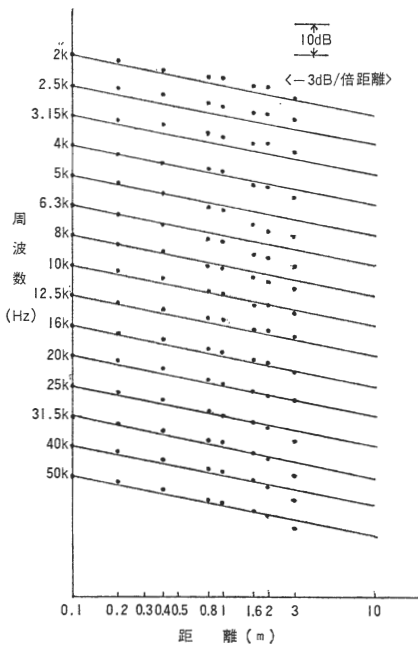


図6 線音源距離減衰特性

2.2.2 模型音源の平行方向音圧分布

1車線分の線音源(長さ4.5m)を防音室の床上にセットし音源中心から45°方向30cmの位置で、音源と平行に10点を設け、音圧レベルの変化を測定したが、この特性結果は図7のとおりで、各周波数とも両端を除いては3 dB 以内の範囲でほぼ均一な音圧レベルであり、線音源としては良好である。

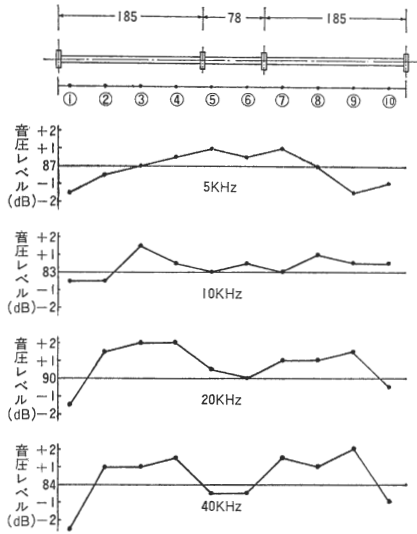


図7 線音源平行方向音圧分布

2.2.3 模型音源の指向特性

本実験に使用した線音源の軸に対して、直角方向の指向特性を図8に示す。これは、1車線分の線音源を防音室の床上にセットし、音源中心から30cmの位置で、半円周上を $\theta = 15^\circ$ おきに13点で1/3オクターブバンドレベルを測定したものである。この結果より、本実験に使用した模型音源は、ほぼ円筒状に広がりみせる理想的な指向特性を持った線音源であることが確認された。

2.3 模型材料

模型実験において、それに用いられる材料を選定することは、実物と模型との相似則を成立させるうえで、重要なことである。実物で、たとえば、ある周波数に対して吸音率が $\alpha$ の吸音材料は、模型では縮尺比に対応する

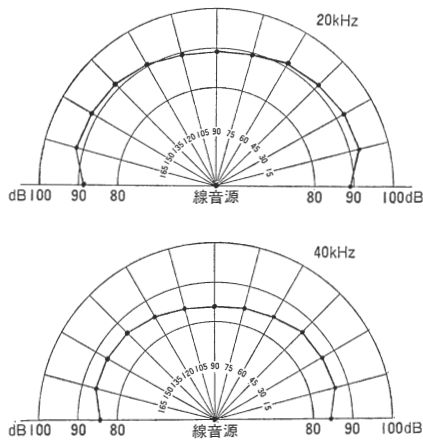


図8 線音源直角方向指向特性

周波数に対して、吸音率が $\alpha$ でなければならない。今回の実験では、測定周波数範囲について、模型の表面材の吸音率を実物と等価にするため、既存のデータより、縮尺模型に等しい吸音率を持つ材料を選定した。実物表面材と模型表面材との比較対照表を表2に示した。そして、これらの実物表面材と模型表面材との吸音率の比較対照を図9に示す。

表2 実物表面材と模型表面の比較対照表

実物	模型
道路, アスファルト部分	ラワン材下地, ポリエステル化粧合板貼り
柱, 梁, その他のコンクリート部分	ラワン材下地, ペンキ1回塗り
桁, その他鉄の部分	ラワン材下地, ペンキ1回塗り
吸音性遮音壁	アクリル板(厚さ5mm), ウレタンフォーム10mm貼り
反射性遮音壁	アクリル板(厚さ5mm)

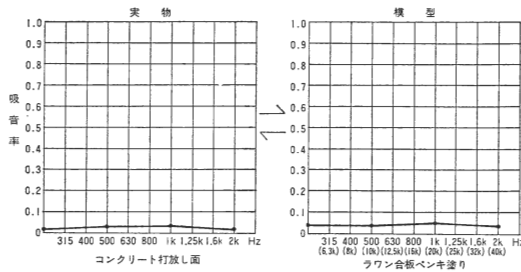


図9-1 吸音率比較対照図

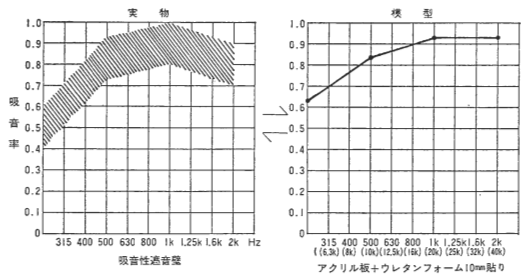


図9-2 吸音率比較対照図

2.4 測定計器

今回の実験において、音圧レベルの測定は図10に示すような計器類を使用した。なお、音圧分布は、道路に直



図10 実験に使用した計器類のブロックダイアグラム

角方向にマイクロホンを移動しながら求めた。

2.5 マイクロホンの指向性

実験に使用した1/4インチコンデンサーマイクロホン(B&K)の指向特性は、高い周波数の音域では指向性が非常に強くなっている。このため各測定点において、マイクロホンの向きを上下、左右に動かして音源に向け、その最大音圧を得、その値を当該測定地点における値とした。

2.6 スペクトルの補正

模型音源を使用して計測を行なう場合、模型音源の音響特性(パワー、スペクトル)は常に一定であり、実験時の騒音スペクトルと現場の自動車交通騒音のスペクトルを対応させる必要がある。今回の実験では、一般道路(6車線道路)、高速道路(4車線道路)で現地騒音測定を行なったが、一般道路では、近接車線際より4m地点、高速道路では2m地点において、路面より高さ1.2m地点の騒音スペクトルを基準スペクトルとして採用した。現場の騒音測定結果を表3に示す。なお、騒音レベル、交通量等の数値は、昼間4回の測定値の平均である。また、現地騒音スペクトルの測定結果(中央値)を図11に示した。この現地の道路騒音スペクトルに模型音源のスペクトルに補正量をセットし、対応させた。そして、基準点(一般道路では $l = 4m$ ,  $h = 1.2m$ , 高速道路では $l = 2m$ ,  $h = 1.2m$ )の騒音レベルは、(イ)日本音響学会の推定計算式で推定すると一般道路では74dB(A)、高速道路では80dB(A)であった。(ロ)基準点の現地騒音測定結果(表3参照)の騒音レベルと音響学会計算式との差は $\pm 1.0dB(A)$ の範囲内であった。以上(イ)、(ロ)より今回の実験では、基準点の騒音レベルを、一般道路においては74dB(A)、高速道路においては80dB(A)と決定し、この時の交通条件は表4に示す条件とした。

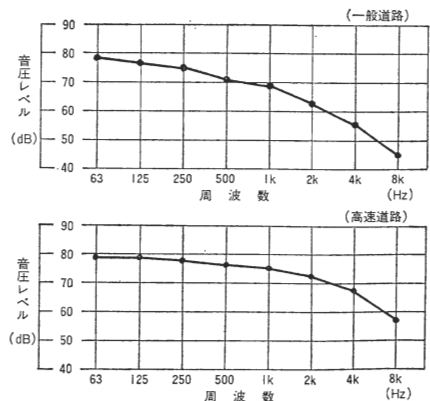


図11 道路騒音スペクトル

表3 現地騒音測定結果

測定点	騒音レベル (中央値) dB(A)	上り				下り				上下合計	
		車種構成		交通量 台/h	走行速度 km/h	車種構成		交通量 台/h	走行速度 km/h	交通量 台/h	走行速度 km/h
		大型車 混入率	小型車 混入率			大型車 混入率	小型車 混入率				
一般道路	74	0.444	0.556	1,188	60	0.393	0.607	1,068	60	2,256	60
高速道路	80	0.176	0.824	1,836	70	0.247	0.753	1,992	70	3,828	70

表4 交通条件

測定点	車線	上り(受音点側)				下り(反対側)				合計	
		車種構成(率)		交通量 (台/h)	車速 (km/h)	車種構成(率)		交通量 (台/h)	車速 (km/h)	交通量 (台/h)	車速 (km/h)
		大型車	小型車			大型車	小型車				
一般道路 (平面6車線)		0.444	0.556	1,188	60	0.393	0.607	1,068	60	2,256	60
高速道路 (高架4車線)		0.176	0.824	1,836	70	0.247	0.753	1,992	70	3,828	70

3. 実験結果

3.1 模型道路断面

今回行なった実験は1/20の縮尺模型で、基本道路断面を図12に示す。平面道路(6車線一般道路)の場合とこれに高架道路(4車線高速道路)がかかった場合の状況下に、各種遮音条件を変えて計測を行なった。

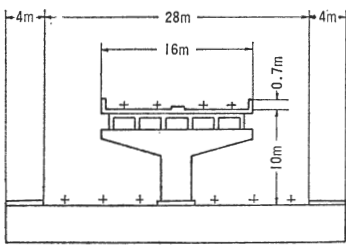


図12 基本道路断面図(実物寸法)

3.2 受音点位置

本実験の受音点は図13に示すように、高さ方向は地上0.2mと2m, 4m, 6m, ……16mまでとし、水平方向は、民地境界を0m地点として、60m地点まで測定を置いた。

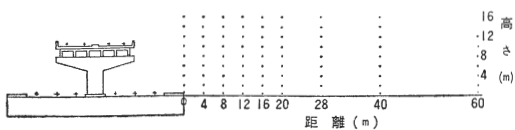


図13 受音点位置図

3.3 実験ケース

今回の模型実験における各実験ケースの条件を次に示す。

- (1) 道路構造
  - 平面道路(6車線), 高架道路(4車線)
- (2) 平面道路の場合
  - イ) 遮音壁の無い場合
  - ロ) 遮音壁を設置した場合
    - 材質………反射型, 吸音型
    - 設置位置…受音点側, 反対側, 両側
    - 高さ………3m, 5m, 8m
  - ハ) 中央分離帯に遮音壁を設置した場合
    - 中央分離帯の壁の高さ……3m, 5m(いずれも吸音性)
    - 両側の壁の高さ……5m, 8m
- (3) 高架道路の場合
  - イ) 遮音壁の無い場合
  - ロ) 遮音壁を設置した場合
    - 材質………反射型
    - 設置位置…受音点側, 反対側, 両側
    - 高さ………2m, 3m, 5m
  - ハ) 中央分離帯に壁のある場合
    - 中央分離帯の壁の高さ……3m, 5m
    - 両面共吸音性にする
    - 両側の壁の高さ……3m, 5m

3.4 実験結果

3・3に示す各ケースについて実験を行なったが、本報告では、これらの中から音圧分布図の一部を図14～図18に示す。図14は平面道路音源で遮音壁のない場合、図15は平面道路音源で遮音壁なしで、平面道路の上に高架構

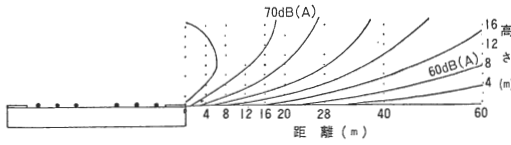


図14 平面道路音圧分布図

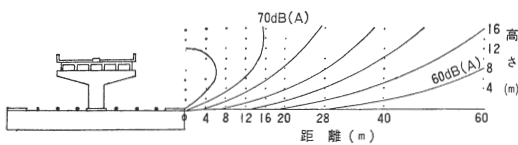


図15 平面道路（高架構造設置）音圧分布図

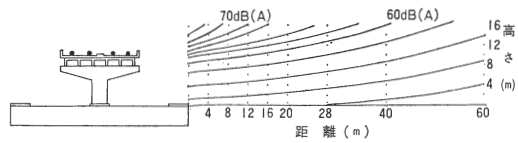


図16 高速道路音圧分布図

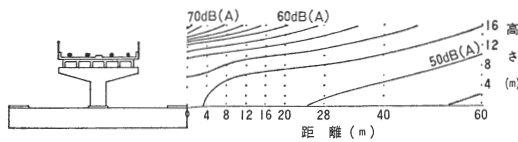


図17 高架道路（3m反射性遮音壁設置）音圧分布図

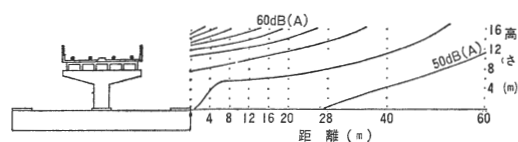


図18 高架道路（3m吸音性遮音壁設置）音圧分布図

造のある場合、図16は高架道路音源で遮音壁（面壁は0.7m）ない場合、図17は高架道路音源で遮音壁3m（反射性）の場合、図18は高架道路音源で遮音壁3m（吸音性）の場合を示す。

### 3・5 考察

イ) 図14と図15より開放平面道路の上に高架構造が設けられた場合、本実験では平面道路の自動車音が高架裏面と路面との間で反射をくり返して、道路近傍における騒音レベルが上昇するというはみられなかったが、現実はこの裏面反射の問題が起きているので、この高架道路の裏面反射の影響については、高架道路の幅員、高さ、高架裏面の吸音条件及び道路周辺の建物の状況等の諸要因との関係について今後検討したい。

ロ) 反射性遮音壁と吸音性遮音壁の遮音効果の差については図17と図18よりはっきりした傾向を見つけることはできないが、全体的には反射性遮音壁に比べて吸音処理した方が効果があらわれていることがわかる。

## 4. おわりに

本報告では、一部の実験ケースについてのみにとどまったが、次回、自動車騒音対策に有効に利用できるよう処理し、報告する予定である。そして、さらに各種道路構造形式による騒音伝播性状、建物の分布による道路後背地への影響等についての実験検討するものである。

### — 参考文献 —

- 1) 山本照二，若栗尚：スケールモデルによる室内音響研究の実施上の問題点，NHK技研年報，Vol. 8，No. 8，1965.
- 2) 橘秀樹，石井聖光：音響模型実験のための内装材・吸音特性のシミュレーション，日本音響学会誌，Vol. 28，No. 4，1972.
- 3) 山下充康，子安勝：線状音源に対する障壁の遮音効果（模型実験による検討），日本音響学会誌，Vol. 29，No. 4，1973.
- 4) 山下充康：効果とその測定（縮尺模型実験とその応用），音響技術，Vol. 4，No. 1，1975.