

## 道路交通騒音の簡易推定法に関する一考察

A Study of a Simple Predictive Method of  
Sound Level from Random Traffic Flow

渡辺義則\*・菊永昌洋\*\*・角 知憲\*\*\*

By Yoshinori WATANABE, Masahiro KIKUNAGA and Tomonori SUMI

A simple predictive method is investigated for calculating percentile and equivalent sound level ( $L_x$  and  $L_{Aeq,T}$ ) propagating over various ground surfaces from random traffic flow. Consequently simple predictive equations were derived relating  $L_x$  and  $L_{Aeq,T}$  to the hourly traffic volume, mean running speed, proportion of lorries, road gradient, number of traffic lanes, distance from the motorway and parameters corresponding to sound propagation characteristics. Validation studies indicate that  $L_x$  and  $L_{Aeq,T}$  can be calculated accurately.

### 1. 緒言

道路交通騒音公害の克服には、土木技術者が道路を計画し設計する段階で環境アセスメントを実施し、その結果によっては道路構造や交通運用、交通規制、さらには沿道の土地利用方法などの個別的な視点から、あるいはまた、それらを有機的に結合した総合的な視点から対応策を講じることが肝要である。その意味で土木技術者の果たす役割は重要であるが、一方では、その重責を果たせるような騒音推定法を土木技術者に提供する必要がある。

現在、環境アセスメントで利用されている騒音推

定式は、等間隔等パワーモデルを基盤にした日本音響学会式である<sup>1)2)</sup>。等間隔等パワーモデルでは無限に長い一車線上を音響出力の等しい無指向性の点音源とみなせる車が等間隔等速度で走行するという仮定のもとに解析が行われる。このモデルは予測の対象とする騒音評価量が比較的簡単な関数で陽表示できる、取り扱いが簡便である、などの長所を持つが、しかし、一方では、融通性に乏しい、現実の道路交通騒音に関する極めて複雑な要因を過度に理想化しているなどの短所を持っている<sup>3)</sup>。とくに騒音評価量（この場合、騒音レベルの中央値 $L_{50}$ ）の予測計算値と実測値の間に有意な差が生じるという欠点がある。そこで、日本音響学会式では等間隔等パワーモデルの長所を生かす一方で、多数の実測結果から逆算した補正値 $\alpha_i$ を導入して、両者をできるだけ一致させる措置をとっている。

しかし、日本音響学会式では、車両を道路上に等間隔に配置することを前提にしたり、時間交通量が

\*正会員 工博 九州工業大学助教授 工学部開発土木工学科  
(〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1)  
\*\* 九州工業大学 工学部開発土木工学科  
(〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1)  
\*\*\*正会員 工博 九州大学助教授 工学部土木工学科  
(〒804 福岡市東区箱崎6-10-1)

1000V.P.H 以上の場合に適用を限定するなど交通条件の制約が厳しい、また、補正值 $\alpha_i$ は地表面やのり面の状況の違いによって有意に異なるにもかかわらず<sup>(4)</sup>、平坦、盛土、切土、高架という道路構造別に平均値で与えている。それゆえ、交通信号の制御で意図的に道路交通流の特性を変化させて減音するなど<sup>(5)</sup>の交通運用面からの対策は検討できない、地表面やのり面の状況の違いに応じた融通性のある予測ができない、 $L_{50}$ 以外の騒音統計量を評価に用いる場合には、補正值を再調査する必要がある、などの改善すべき所がある。そこで本研究では、これらの点を改善可能で、しかも、取り扱いの簡便さも日本音響学会式に近い騒音推定法について検討した。

## 2. 等価騒音レベルの簡易推定法

等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ は次式で定義される<sup>(6)</sup>。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \mu_z / I_0 \quad (1)$$

$$\mu_z = 1/T \int_{t_1}^{t_2} z^2(t) dt, \quad I_0 = 10^{-12}$$

$T$ : 時刻 $t_1$ に始まり時刻 $t_2$ に終わる実測時間  
 $z(t)$ : 対象道路区間の全音源(全車両)と暗騒音によって時刻 $t$ に観測点に生じる音の強さ  
 いま、 $i$ 番目の車両の通過に伴って時刻 $t$ に観測点に生じる音の強さを $q_i(t)$ 、車両に起因しないそれを $h(t)$ とおくと $\mu_z$ は次式で計算できる。

$$\mu_z = 1/T \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^{\infty} q_i(t) + h(t) dt \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} 1/T \int_{t_2}^{t_1} q_i(t) dt + 1/T \int_{t_2}^{t_1} h(t) dt \quad (3)$$

計算方法という視点からいえば、式②は全音源と暗騒音の合成波形を時間的に平均することを、一方、式③は個別の音源の時間平均値と暗騒音のそれを加算して、全体の平均値を求めることを意味する。本研究では、後者の考え方をとる。また、道路を計画し設計する段階で与えられる交通条件(交通量、大型車混入率など)は1時間を単位とすることが多いので、実測時間 $T$ を1時間にする。更に、できるだけ土木技術者になじみの深い交通条件、道路条件(車線数、巾員など)によって式③を表現する。

現実には無限遠の車両から発生した音が観測点に到着することはない。沿道の家屋によって遮音されるので、単独で走行する車両から発生した音が観測

点で有意なレベルを示すのは比較的短い時間である。従って観測点前を車両が通過する時間を原点にして、上下 $\alpha$ 、 $\beta$ の時間だけ騒音が有意なレベルを示すとすれば、その時間だけ $q_i(t)$ を積分して求めた時間平均値の合計も、実測の1時間ほど積分して求めたそれにほぼ等しい。また、実測時間が十分長いので、その時間中に観測点前を通過する車両の台数( $Q_{V,p,h}$ )をもって、音源の全数と考えても大きな間違いではない。すなわち、

$$\sum_{i=-\infty}^{\infty} 1/T \int_{t_1}^{t_2} q_i(t) dt \approx \sum_{i=1}^n 1/T \int_{\alpha}^{\beta} q_i(t) dt \quad (4)$$

次に、1ワットの音響出力の点音源(仮想車両)が、1つだけ $k$ 車線の中央線上を一定の速度で移動した時に観測点に生じる音の強さの時間変動 $g_k(t)$ を考える。また、 $k$ 車線上の乗用車類(3車種)の1台当りの音響出力は次式から算出する<sup>(1)(7)</sup>。

$$(0.2V_k + 85 + 1_k/3)/10$$

$$W_k = I_0 \times 10 \quad (5)$$

$V_k$ :  $k$ 車線の車両平均速度, km/h

$1_k$ :  $k$ 車線の道路縦断勾配, %

なお、車種を大型車類と小型車類に分類すると、これらは音響出力の大きさから、乗用車類の16台と1.6台に相当する。また、 $g_k(t)$ と車両走行速度は車種によらず全車両同一であると仮定すれば、式④は次のように表現される。

$$\sum_{i=1}^n 1/T \int_{\alpha}^{\beta} q_i(t) dt = 1/3600 \sum_{k=1}^n W_k Q_k \{16A_k + 1.6(1-A_k)\} \int_{\alpha}^{\beta} g_k(t) dt \quad (6)$$

$Q_k$ :  $k$ 車線の時間交通量, V.P.H.

$A_k$ :  $k$ 車線の大型車混入率

$n$ : 車線数

結局、 $\mu_z$ は次式で計算できる。

$$\mu_z = \sum_{k=1}^n W_k (16\lambda_{\tau k} + 1.6\lambda_{p k}) \int_{\alpha}^{\beta} g_k(t) dt + \mu_h$$

$$\lambda_{\tau k} = Q_k A_k / 3600$$

$$\lambda_{p k} = Q_k (1-A_k) / 3600 \quad (7)$$

$\mu_h$ : 暗騒音の音の強さの時間平均値

以上のことから、交通条件(車両平均速度、大型車混入率、時間交通量)と道路条件(車線数、道路縦断勾配)に加えて、道路周辺の騒音伝播性状と関連が深い $g_k(t)$ の積分値が、いわば音響条件として

与えられれば、式①⑤⑦を用いて等価騒音レベルを計算できることが示された。

このモデルは、①従来の道路の計画・設計手法に接木する形で騒音問題を検討できる、② $g_k(t)$ の $[\alpha, \beta]$ に関する積分値によって、道路周辺の騒音伝播性状をモデルに反映できるので、高い予測精度が期待できる、③ $g_k(t)$ の $[\alpha, \beta]$ に関する積分値を、対象区間の状況に応じて関数で陽表示するか、または、図表化することにより取り扱いの簡便さが確保される、などの特長を持つ。更に、このモデルは①同一車線上の車両は全て一定速度で走行する、②同一車線の同一車種の車両のパワーレベルは等しい、③同一車線上の車は同じ $q_i(t)$ をとる、などの前提が、実用上成立していると判断される道路区間にはすべて適用できる。例えば、道路線形や騒音伝播性状が複雑な所の騒音を予測する場合には、道路交通流をコンピュータでシミュレートし、それに対応して、敷き並べた小型スピーカから音を発生させる一方で、騒音伝播特性を無響室内での縮尺模型実験で表現するというハイブリッドモデルが有力な手法となる。しかし、少なくとも等価騒音レベルを予測する場合には、本研究で示した推定式を用いれば手間が省ける。つまり、無響室内の縮尺模型実験で $g_k(t)$ を求め、その積分値を一度図表化しておけば、交通条件が異なるたびにコンピュータシミュレーションを含めた実験をしなくても、容易に等価騒音レベルを算出できる。ただ、無響室内の縮尺模型実験は現場と模型の相似をいかに正確にするかが大きな問題となる。そういう意味では、対象道路区間における単独車両走行試験、道路交通流を入力としたランダムデータの統計処理手法を用いる方法など<sup>8)</sup>、より現場に近い騒音伝播特性を把握する方法で $g_k(t)$ を設定したほうが望ましい。

次に、既に報告した、多入力線形系の応答に関する諸性質を利用したコンピュータモデル<sup>8)</sup>からも、式⑦が導かれることを示す。このモデルでは、対象観測点に生じる音の強さ $z(t)$ は次のように表される。

$$z(t) = \sum_{k=1}^n z_k(t) + h(t)$$

$$z_k = \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) y_k(t - \lambda) d\lambda \quad \textcircled{8}$$

$y_k(t)$ ： $k$ 車線上の音源の音響出力の時間変化率  
 $z_k(t)$ ： $y_k(t)$ によって観測点に生じる音の強さ  
 なお、 $g_k(t)$ は $y_k(t)$ に対する荷重関数（履歴曲線）であり、式⑦中の $g_k(t)$ と一致する。また、 $y_k(t)$ は次のように考える。

$$y_k(t) = W_k \cdot X_k(t) \quad \textcircled{9}$$

$x_k(t)$ ：単位時間に $k$ 車線を通過する乗用車類換算台数

いま、 $\mu_z$ を式⑧から求める。

$$\begin{aligned} \mu_z &= 1/T \int_{t_1}^{t_2} \sum_{k=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) y_k(t - \lambda) d\lambda + h(t) dt \\ &= \sum_{k=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) \left\{ 1/T \int_{t_1}^{t_2} y_k(t - \lambda) dt \right\} d\lambda \\ &\quad + 1/T \int_{t_1}^{t_2} h(t) dt \\ &\approx \sum_{k=1}^n C_k \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) d\lambda + \mu_h \quad \textcircled{10} \end{aligned}$$

実測時間が1時間であれば、 $C_k$ は以下の要領で求められる。

$$\begin{aligned} C_k &= 1/T \int_{t_1}^{t_2} W_k x_k(t) dt \quad \textcircled{11} \\ &= W_k \cdot Q_k \{ 16A_k + 1.6(1 - A_k) \} / 3600 \\ &= W_k (16\lambda_{1k} + 1.6\lambda_{0k}) \end{aligned}$$

式⑩中 $g_k(t)$ の積分区間 $[-\infty, \infty]$ は、実質的には $[\alpha, \beta]$ であるので、式⑩と式⑦は一致する。

### 3. 時間率騒音レベルの簡易推定法

#### (1) 観測点の音の強さの2乗平均値の推定法

対象観測点に生じる音の強さの2乗平均値 $\psi_z^2$ は次式から求まる。

$$\psi_z^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{S}_{zz}(f) df \quad \textcircled{12}$$

いま、暗騒音の時間平均値 $\mu_h$ は、自動車騒音のそれに比べて充分小さいと仮定する。暗騒音は自動車騒音と無関係であるので、既に報告した多入力線形系の応答に関する諸性質を利用したコンピュータモデルにおいては一般に次式が成立する。

$$S_{zz}(f) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n G_i^*(f) G_k(f) S_{ik}(f) \quad \textcircled{13}$$

$S_{zz}(f)$ ：対象観測点の音の強さ $h^\circ$ ワース $h^\circ$ クトル密度

$S_{ik}(f)$  : 入力  $y_i(t)$ ,  $y_k(t)$  間の相互ス  
ベクトル密度

$G_k(f)$  :  $k$  車線の荷重関数のフーリエ変換  
 $f$  : 周波数 \* は共役を表す

特に、入力同志が無相関であると仮定すれば、

$$S_{zz}(f) = \sum_{k=1}^n |G_k(f)|^2 S_{kk}(f) \quad (14)$$

である。従って、

$$\begin{aligned} \psi_z^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{k=1}^n |G_k(f)|^2 S_{kk}(f) df \\ &= \sum_{k=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} |G_k(f)|^2 S_{kk}(f) df \\ &= \sum_{k=1}^n \psi_{zk}^2 \end{aligned} \quad (15)$$

いま、大型車類と小型車類が互いに独立なポアソン発生すれば、ショットノイズの理論<sup>9)</sup>を利用して、パワーベクトル密度を次式で表現できる。

$$\begin{aligned} S_{kk}(f) &= C_k^2 \delta(f) + d_k \\ d_k &= W_k^2 (16^2 \lambda_{\tau k} + 1.6^2 \lambda_{pk}) \end{aligned} \quad (16)$$

$\delta(f)$  : デルタ関数

従って、式⑬中の  $\psi_{zk}^2$  は

$$\begin{aligned} \psi_{zk}^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} |G_k(f)|^2 \{C_k^2 \delta(f) + d_k\} df \\ &= C_k^2 \left( \int_{-\infty}^{\infty} |g_k(\lambda)|^2 d\lambda \right)^2 + d_k \int_{-\infty}^{\infty} |g_k(\lambda)|^2 d\lambda \\ &\approx W_k^2 \left\{ (16 \lambda_{\tau k} + 1.6 \lambda_{pk}) \int_{\alpha}^{\beta} |g_k(\lambda)|^2 d\lambda \right\}^2 \\ &\quad + W_k^2 (16^2 \lambda_{\tau k} + 1.6^2 \lambda_{pk}) \int_{\alpha}^{\beta} |g_k(\lambda)|^2 d\lambda \end{aligned} \quad (17)$$

以上の結果より、対象観測点に生じる音の強さの二乗平均値  $\psi_z^2$  は、等価騒音レベルと同様に交通条件と道路条件そして騒音伝播特性に等価な  $g_k(t)$  の積分値で表される。従って、 $g_k^2(t)$  の積分値を図表化すれば、前節と同様に本手法の適用範囲は広がる。

## (2) 騒音レベル中央値と80%レンジ値の推定法

本節では時間率騒音レベルのうちで中央値  $L_{50}$  と80%レンジの上下端値  $L_{10}$ 、 $L_{90}$  の推定法について述べる。いま、騒音レベル  $x$  が  $N(\mu, \sigma)$  の正規分布に従えば、音の強さ  $I$  の平均値  $\mu_1$  及びその標準偏差  $\sigma_1$  と、 $\mu$ 、 $\sigma$  の間には次の関係がある。

$$\mu_1 = \int_{-\infty}^{\infty} I_0 e^{cx} p(x) dx$$

$$C = (10 \log_{10}) / 10 \quad (18)$$

$$p(x) = 1 / (\sqrt{2\pi} \sigma) \exp \{ -(x - \mu)^2 / (2\sigma^2) \}$$

式⑱を整理すると、次の関係が得られる。

$$10 \log_{10} \mu_1 / I_0 = \mu + C\sigma^2 / 2 \quad (19)$$

一方、 $\sigma_1^2 = I_0^2 E[e^{2cx}] - \mu_1^2$  より、

$$10 \log_{10} (\sigma_1^2 + \mu_1^2) / I_0^2 = 2\mu + 2C\sigma^2 \quad (20)$$

いま、式⑲の左辺は式①の等価騒音レベルに、また、式⑳の左辺中の  $\sigma_1^2 + \mu_1^2$  は式②の  $\psi_z^2$  に等価である。すなわち、

$$L_{Aeq,T} = \mu + C\sigma^2 / 2$$

$$10 \log_{10} (\psi_z^2 / I_0^2) = 2\mu + 2C\sigma^2 \quad (21)$$

式⑳の左辺は、前述の2.と3.(1)の方法で計算できるので、結局、 $\mu$ 、 $\sigma$  は次式から求まる。

$$\mu = 2 L_{Aeq,T} - 10 \log_{10} \sqrt{\psi_z^2} / I_0 \quad (22)$$

$$\sigma = \sqrt{2/C} \sqrt{10 \log_{10} \sqrt{\psi_z^2} / I_0 - L_{Aeq,T}}$$

騒音レベルが正規分布に従うと仮定しているので、

$$L_{50} = \mu, \quad L_{10} = \mu + 1.28\sigma, \quad L_{90} = \mu - 1.28\sigma$$

(24)

## 4. 適用例

### (1) 平坦部道路区間における推定式

平坦部道路区間においては、音源と観測点間の音の伝播特性を表す関数  $g_k(t)$  を次のように仮定する。

$$\begin{aligned} g_k(t) &= a \{ l_k^2 + (v_k t)^2 \}^{-b/2}, \quad \alpha < t < \beta \\ &= 0, \quad t < \alpha, \beta < t \end{aligned} \quad (25)$$

$[\alpha, \beta]$  : 車両から生じた音が障害物によって遮断されない時間範囲 ( $\alpha < \beta$ ),  $S$

$a, b$  : 伝播性状によって異なるパラメータ

$l_k$  :  $k$  車線の中央と観測点間の距離, m

$v_k$  :  $k$  車線の車両平均速度, m/s

無限遠まで開放された平坦部道路区間では、積分範囲  $[\alpha, \beta]$  は  $[-\infty, \infty]$  となり、 $g_k(t)$  の積分値はつぎのように陽表示できる。

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} g_k^2(\lambda) d\lambda &= \int_{-\infty}^{\infty} a^2 \{ l_k^2 + (v_k t)^2 \}^{-b} dt \\ &= \frac{a^2 \sqrt{\pi}}{v_k l_k^{b-1}} \cdot \frac{\Gamma(b/2 - 1/2)}{\Gamma(b/2)} \end{aligned} \quad (26)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} g_k^2(\lambda) d\lambda = \frac{a^2 \sqrt{\pi}}{v_k l_k^{b-1}} \cdot \frac{\Gamma(b/2)}{\Gamma(b)} \quad (27)$$

$\Gamma(x)$  : ガンマ関数

$\mu_h \neq 0$  の場合には、式⑦及び式⑮、⑯に上式を代入して次式が得られる。

$$\mu_z \doteq A_0 \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{v_k l_k^{b-1}}$$

$$\psi_z^2 \doteq A_0^2 \sum_{k=1}^n \left( \frac{C_k}{v_k l_k^{b-1}} \right)^2$$

$$+ \frac{a^2 \sqrt{\pi} \cdot \Gamma(b-1/2)}{\Gamma(b)} \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{v_k l_k^{2b-1}}$$

$$A_0 = a \sqrt{\pi} \Gamma(0.5b-0.5) / \Gamma(0.5b) \quad (28)$$

とくに、音が幾何減衰する場合には

$$a = 1 / (2\pi), \quad b = 2 \quad (29)$$

であるので、式⑳は次式で表される。

$$\mu_z \doteq 1/2 \sum_{k=1}^n \{ C_k / (v_k l_k) \} \quad (30)$$

$$\psi_z^2 \doteq 1/4 \sum_{k=1}^n \{ C_k / (v_k l_k) \}^2$$

$$+ 1/(8\pi) \sum_{k=1}^n \{ d_k / (v_k l_k^3) \}$$

しかし、現実には道路区間が無限遠まで開放されていることはない。このような場合には、有限範囲  $[\alpha, \beta]$  の  $g_k(t)$  の積分値は適当な関数で陽表示できないので、以下に示す要領で図表化する。いま、図-1に示すように観測点と遮へい物までの距離を  $H\alpha, H\beta$  とすると、積分範囲  $[\alpha, \beta]$  は、 $[-H\alpha/v, H\beta/v]$  である。しかし、式㉔に示す関数は  $t=0$  に関して対称であるから、 $t$  に関して正の領域を数値積分してえた  $A_1, A_2$  に関する図表を用意する。

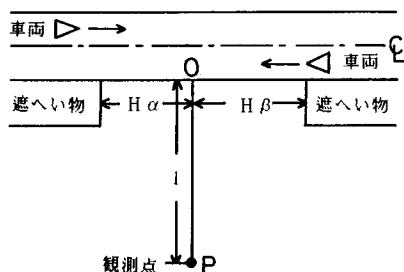


図-1 観測点と遮へい物の概略図

$$A_1 = \int_0^\beta g^2(t) dt / \int_{-\infty}^\infty g^2(t) dt$$

$$= \frac{\Gamma(0.5b)}{\sqrt{\pi} \Gamma(0.5b-0.5)} \int_0^{Z_\beta} \frac{dz}{(1+Z^2)^{b/2}}$$

$$A_2 = \int_0^\beta g^2(t) dt / \int_{-\infty}^\infty g^2(t) dt$$

$$= \frac{\Gamma(b)}{\sqrt{\pi} \Gamma(b-0.5)} \int_0^{Z_\beta} \frac{dz}{(1+Z^2)^b}$$

但し、 $Z_c = H\beta / l$  (31)

## (2) 推定値と実測値の比較

平坦部道路区間においては、結局、交通条件（時間交通量、大型車混入率、車両平均速度）、道路条件（車線数、巾員、道路縦断勾配）、音響条件（パラメータ  $a, b$  の値）が与えられれば、等価騒音レベルや時間率騒音レベルが算出できる。本節では、実測結果と比較することにより、これまで提示してきた推定法の妥当性を調べる。

表-1に実験条件と交通特性を示す。また、騒音測定位置は（道路端からの距離、地表面からの高さ）が M1(10,.48), M2(20,.68), M3(40,1.04), M4(70,1.18) の4箇所である（単位m）。測定現場付近は対向2車線の国道であり、道路の線形は直線である。また、地形の局所的な起伏も少なく、測定現場付近はあたり一面平坦な田圃である。なお、観測点から遮へい物までの距離は  $(H\alpha, H\beta) = (109, 71)m$  であり、音響条件のパラメータ  $a, b$  の値は同地点で別途推定した値<sup>3)</sup>  $a=0.1585, b=2.29$  を使用した。積分範囲  $[\alpha, \beta]$  は有限である場合の推定式を用いて各種騒音統計量を推定し、実測値と比較して表-2に示す。実用上必要な予測精度の目安を  $\pm 3dB$  とおくと比較的精度よく予測されていることがわかる。

## (3) 考察

### a) 騒音レベルの確率分布についての仮定

時間率騒音レベルの推定式を導く時に騒音レベルの確率分布は正規分布に従うと仮定した。しかし、交通量が少ない場合、大型車混入率が高い場合、観測点が道路に近い場合には、厳密な正規分布には従わない。そこで、これらの要因が4.(2)の結果に及ぼす影響を調べるために  $A = [10 \log_{10} \sqrt{\psi_z^2} / l_0]$  と  $L_{Aeq,T}$  の実測値を直接式㉔, ㉕に代入して表-3を得た。すなわち、この結果は、 $A$  と  $L_{Aeq,T}$  が完全に予測されても、騒音レベルの確率分布を正規分布と仮定したために生じる実測値との差を示す。

表一 実験条件と交通特性

| 地表面の状況      | 縦断勾配<br>(%) | 時間交通量(V.H.P)     |                  | 大型車混入率 (%)          |                    | 平均速度(km/h)          |                     |
|-------------|-------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|             |             | 下り               | 上り               | 下り                  | 上り                 | 下り                  | 上り                  |
| 6月下旬の<br>水田 | 上り<br>1.2%  | 326~462<br>(401) | 343~537<br>(424) | 10.8~34.3<br>(20.8) | 9.1~23.8<br>(19.7) | 51.1~51.2<br>(51.2) | 49.9~50.4<br>(50.5) |

注) ( ) 内は平均値

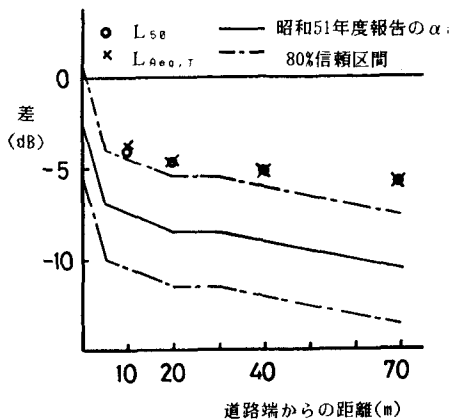
表二 推定値と観測値の差の平均値と標準偏差

|             | 10m           | 20m           | 40m           | 70m           |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $L_{Aeq,T}$ | 0.7<br>(1.5)  | 0.7<br>(0.5)  | 0.0<br>(0.4)  | -0.5<br>(0.4) |
| A           | -1.3<br>(2.0) | -1.6<br>(1.0) | -2.0<br>(0.7) | -2.6<br>(0.9) |
| $\mu$       | 2.8<br>(1.5)  | 2.4<br>(0.7)  | 2.7<br>(0.5)  | 1.8<br>(0.6)  |
| $\sigma$    | -0.7<br>(0.7) | -0.7<br>(0.7) | -2.3<br>(0.6) | -2.1<br>(0.3) |
| $L_{10}$    | 1.2<br>(0.9)  | 0.6<br>(0.6)  | -0.9<br>(0.8) | -1.5<br>(0.7) |
| $L_{50}$    | 3.8<br>(1.5)  | 3.7<br>(0.8)  | 3.3<br>(0.5)  | 2.4<br>(0.5)  |
| $L_{90}$    | 2.4<br>(2.4)  | 1.8<br>(1.7)  | 5.3<br>(1.4)  | 4.2<br>(1.2)  |

注) ( ) 内は標準偏差、データ数は6、 $A=10\log_{10} \sqrt{\psi^2 z} / 10$ 

b) 騒音伝播性状が推定値に及ぼす影響

図一2に音が幾何学的に減衰すると仮定した値と4.(2)の推定値との差を示す。なお、図中の点線には日本音響学会式の補正値 $\alpha_i$ である。



図一2 幾何減衰の推定値とその差

表三 実測の $L_{Aeq,T}$ , Aを入れての計算値と観測値の差の平均値と標準偏差

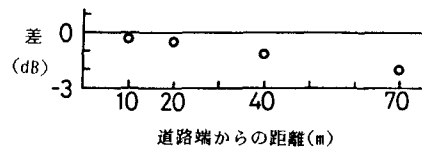
|          | 10m           | 20m           | 40m           | 70m           |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $\mu$    | 0.2<br>(0.8)  | -0.5<br>(0.8) | 0.7<br>(0.5)  | 0.2<br>(0.5)  |
| $\sigma$ | 0.8<br>(0.9)  | 1.3<br>(0.9)  | -0.3<br>(0.8) | 0.1<br>(0.7)  |
| $L_{10}$ | 0.5<br>(0.9)  | 0.2<br>(0.7)  | -0.3<br>(0.5) | -0.2<br>(0.5) |
| $L_{50}$ | 1.2<br>(0.7)  | 0.8<br>(0.8)  | 1.3<br>(0.6)  | 0.8<br>(0.5)  |
| $L_{90}$ | -2.1<br>(2.2) | -3.6<br>(2.0) | 0.7<br>(1.8)  | -0.2<br>(1.8) |

注) ( ) 内は標準偏差、データ数は6、 $A=10\log_{10} \sqrt{\psi^2 z} / 10$ 

本研究のように、対象道路区間の騒音伝播性状を表現可能な音響条件を推定式に組み込まないと、日本音響学会式の基盤となる等間隔等パワーモデルと同様に、計算値よりも実測値がかなり小さくなることは避けられない。

c) 有限長道路と無限長道路の推定値の比較

式③を数値積分して得た図一3から、A1については $z \leq 30$ のとき道路長を有限とした影響が現れる

図一4 無限長道路と有限長道路の $L_{Aeq,T}$ の推定値の差

じめ、 $z=1$ のときには約5.5dBほど、更に $z$ が小さくなるにつれて積分値は小さくなる。このことは、図一4に示す有限長道路と無限長道路の $L_{Aeq,T}$ の推定値の差にそのまま現れている。

## 5. 結言

本研究では、交通条件に関する制約が少ない、沿

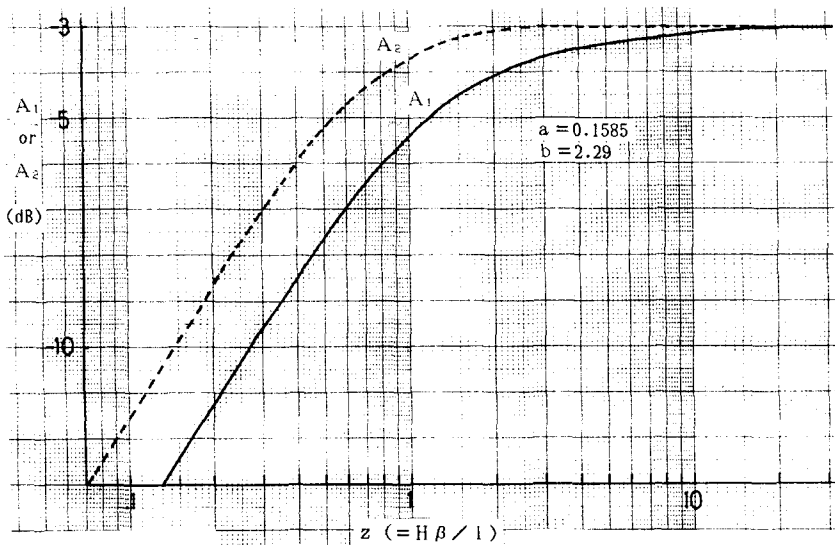


図-3  $A_1$ と $A_2$ の数値積分結果

道状況の場所的な違いが反映可能、予測精度が高い、取り扱いが簡便などの要件を具備する騒音推定法について考察し、その基本的な考え方を示した。

今後、以下に述べることを検討したいと思っている。本研究では騒音レベルが正規分布に従うと仮定して解析しているが、この仮定に起因する誤差と交通条件、観測点位置の関係を明らかにする。また、本研究では、車両がホップソーン発生することを仮定し、沿道状況も平坦部について詳しく検討している。しかし、本研究で示した考え方の特徴は、交通流の変動特性は式(9)中の $S_{kk}(f)$ で、また、沿道状況で異なる騒音伝播特性は $g_k(t)$ によってモデルに反映可能な所であるので、これを十分生かす。

最後に、本研究に対して御助力いただいた日立物流 田中浩一郎氏、九州工業大学 工学部吉田勇氏に深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 石井聖光：道路交通騒音予測計算方法に関する研究（その1）  
—実用的な計算式について—、日本音響学会誌、31-8, pp.507  
~517, 1975.
- 2) 石井聖光：道路交通騒音予測計算方法に関する研究—高さ別補  
正値 $\alpha_i$ について—、日本音響学会誌、33-8, pp.426~430, 1977.
- 3) 池谷和夫：道路交通騒音予測計算方法に関する研究（その2）  
—数学的モデルと評価量について—、日本音響学会誌、31-9,  
pp.559~565, 1975.
- 4) P.M.Nelson: A Computer Model for Determining the Temporal  
Distribution of Noise From Road Traffic, TRRL Report LR  
611, 1973.
- 5) 河上省吾, 青島縮次郎, 萩野弘, 渡辺健司：夜間の長距離信号  
制御による騒音防止効果について、交通工学, Vol.13, No.4, pp.  
3~10, 1978.
- 6) 日本規格協会：騒音レベル測定法 JIS Z 8731, 1983.
- 7) 金安公造, 金泉昭：交通公害, 技術書院, 1976.
- 8) 渡辺義則：交通流変動と騒音伝搬特性の場所的な違いを考慮し  
た道路交通騒音の予測、土木学会論文集, 第347号/IV-1,  
pp.127~134, 1984.
- 9) 平岡寛二, 黒田義輝, 篠崎寿夫 監訳：応用確率論確率過程編,  
東海大学出版会, 1973.