

戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測

—音源の高さが変化する場合—

磯谷 賢志

1. はじめに

平成 11 年 4 月施行の「騒音に係る環境基準」¹⁾では、道路に面する地域においては一定地域ごとに基準値を超過する建物の戸数や割合によって評価することになっており、またすべての建物について騒音レベルを測定することは困難であることから、騒音を推計することも認めるとされている。騒音の推計には、建物による騒音減衰量を求めることが必要となるが、複雑な形状の建物が複数建っている市街地における騒音の伝搬を理論的に取り扱うのは大変難しい。ASJ RTN-Model 1998²⁾には、上坂ら³⁾の研究に基づく、建物群背後における平均的な騒音レベルを求める方法が示されているが、このような地区内の平均的な値だけではなく特定地点の値を求めることができれば、地域内の騒音を分布として捉えることができ、より現実に即した環境評価が可能となる。

このような観点から、我々の研究室ではこれまで、縮尺模型実験により道路交通騒音が戸建て住宅地へ伝搬する際の住宅群によるレベル減衰量を簡便に予測する方法について検討し、見通し角度 ϕ 、建物率 ξ 、道路からの距離 d 、建物高さ H 、受音点高さ h_p の 5 つのパラメータから騒音減衰量を求める予測式を提案した⁴⁾。

$$\Delta L_{AE} = \begin{cases} a \log_{10} \left\{ \frac{3\phi}{2\pi} (1-b) + b \right\} & (\phi \neq 0) \\ a \log_{10} b + u\xi + v & (\phi = 0) \end{cases} \quad (1)$$

ΔL_{AE} : 住宅群による騒音減衰量 (dB)

ϕ : 見通し角度 (rad)

ξ : 建物率

d : 道路 (車線) からの距離 (m)

H : 建物高さ (m)

h_p : 受音点高さ (m)

a : $a = p + q \log_{10} d$

p : $p = 2.03H - 2.63h_p + 4.64$

q : $q = -1.10H + 1.47h_p - 1.21$

b : $b = 10^{(sd+t)/a}$

s : $s = -0.0023H - 0.009h_p - 0.123$

t : $t = -0.29H + 0.94h_p - 3.74$

u : $u = -20.0$

v : $v = 6.59$

式 (1) では、受音点高さは建物高さ以下の任意の高さに設定することができるが、音源の高さは道路上 0.5m

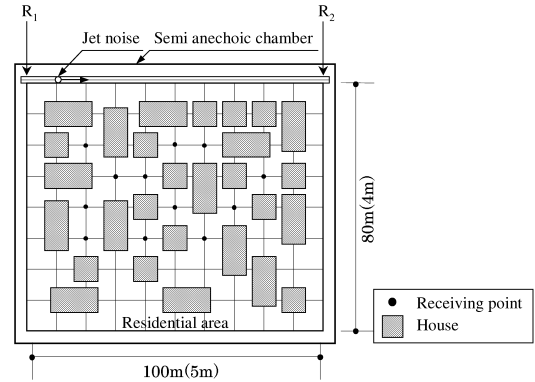


図-1 模型実験の概要

に固定されている。しかし、実際の市街地では道路と住宅地が同一平面上にある場合だけでなく、高架道路や盛土のように道路が住宅地よりも高い場所にある場合があったり、掘割のように道路が住宅地よりも低い場合もあったりするだろう。このような場合でも適切に騒音減衰量の予測できることが必要である。

そこで本研究では、式 (1) をベースにして、この式の特徴である簡便さや精度を落とすことなく、道路が住宅地よりも高い位置にある場合にも適用できるように拡張することを目的に、模型実験を行った。そして実験結果を用いて、音源の高さが建物高さ以下で変化する場合の道路交通騒音減衰量を予測する方法について検討した。

2. 模型実験

音源の高さが変化する場合の道路交通騒音減衰量を予測する方法について検討するために、高架道路 (ただし、高さは建物高さ以下) 周辺の戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量に関する模型実験を行った。

2.1 実験の概要

図-1 に示すように、半無響室内の反射性の床の上の 100m×80m (実スケール) の範囲に住宅地模型を配置し、直線道路 (R_1R_2) を車両が走行したときの住宅地内の受音点における音圧レベルを測定し、住宅群による道路交通騒音減衰量を求める実験を行った。模型の縮尺は 1/20 とした。

2.2 住宅地モデル

住宅は、平面は 8m×8m と 8m×16m の 2 種類、建物

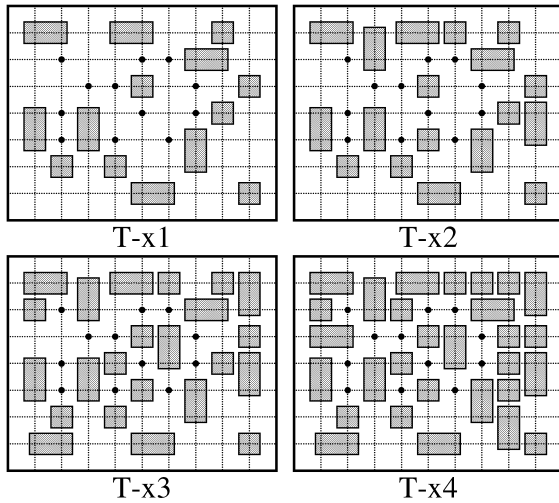


図-2 住宅配置

高さは2階建て(7m)、3階建て(10m)の2種類の直方体でモデル化し、住宅地内にはこれらがランダムに配置していると想定した。そして、家屋密度(道路などを含めた住宅地全域に対する住宅の建築面積の割合)を4段階(16.8%, 21.6%, 28.0%, 34.4%)に変化させて住宅を配置した。配置を図-2に示す。xは建物高さを表す番号で、x=2のときは7m、x=3のときは10mとなる。住宅モデルは、実験の周波数においてほぼ完全反射とみなすことのできる発泡スチロールで製作した。

2.3 音源と受音点

音源にはジェットノイズを使用した。この音源は道路交通騒音の周波数特性を概ねカバーしており、実験で使用する周波数の範囲でほぼ点音源とみなすことができる。道路端に障壁のない高架道路を想定し、道路(音源)の地表面からの高さ h_s を0.5m、5.5m、8.5mに設定した。受音点のマイクロホン出力信号をデジタルフィルタを用いて周波数補正し、音源が道路交通騒音のスペクトル⁵⁾を有する場合に受音点でA特性音圧レベル(L_{pA})が得られるようにした。

受音点は図-2に●で示す12点で、音源から受音点までの水平距離 d は20、30、40、50mで、それぞれの距離に受音点を3点設けた。受音点高さ h_p は1.2、5.2、8.2mである。ここで、音源、受音点ともに建物高さ以下とした。

2.4 騒音減衰量の算出

模型実験で得られるユニットパターン(車両が図-1に示す100mの直線道路 R_1R_2 を走行したときに受音点で測定される騒音レベルの時間変動)から、単発騒音暴露レベル ΔL_{AE} を算出し、建物を配置していない場合の測定値 L_{AE0} と建物を配置した場合の測定値 L_{AE1} から、住宅群による騒音減衰量 $\Delta L_{AE}(=L_{AE1}-L_{AE0})$ を求めた。なお、ここで定義する減衰量は通常の見方と符号が逆である。

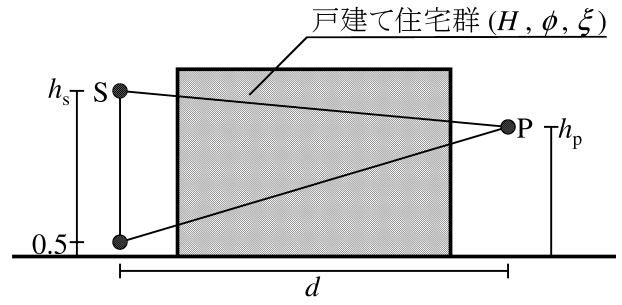


図-3 音源と受音点の位置

3. 音源の高さが変化する場合の予測法

3.1 予測式の拡張

模型実験の結果を用いて、式(1)を、音源の高さ(h_s と表す)が変化した場合(建物高さ H 以下)に拡張することを検討した。

音源の高さが変化する場合の騒音減衰量の予測法は、音源の高さが0.5mであるときの式(1)で求められる予測値に、音源の高さが変化したときの騒音減衰量の変化を加えたものとする。

すなわち、図-3に示すように、ある受音点高さ h_p での式(1)による騒音減衰量の予測値を $\Delta L_{AE,P,0.5}$ とし、同じ受音点高さで音源の高さが変化した場合の、模型実験による騒音減衰量の実験値を $\Delta L_{AE,M,h_s}$ とする。そして、音源の高さが変化したときの騒音減衰量の変化($\Delta L_{AE,M,h_s}-\Delta L_{AE,P,0.5}$)をパラメータで関係付けることで、予測式を拡張したい。

なお、これまで同様の簡便な予測法を提案するために、パラメータは式(1)の5つのパラメータ(見通し角度 ϕ 、建物率 ξ 、道路からの距離 d 、建物高さ H 、受音点高さ h_p)に音源の高さ h_s を加えた6つとする。

3.2 音源の高さの変化と騒音減衰量の変化

既往の研究や式(1)を導出した研究から、受音点から音源である道路が見通せるかどうか、すなわち $\phi=0$ かどうかで騒音減衰量は大きく変わってくるのがわかっている。

そこで、 $\phi \neq 0$ のときと $\phi=0$ のときに分け、 H 、 h_p ごとに騒音減衰量の変化($\Delta L_{AE,M,h_s}-\Delta L_{AE,P,0.5}$)の平均値と音源の高さの変化($h_s-0.5$)の関係を距離 d ごとに調べてみた(図-4)。この図より、($\Delta L_{AE,M,h_s}-\Delta L_{AE,P,0.5}$)は($h_s-0.5$)の増加とともに大きくなり、概ね直線的に変化していることがわかる。そこで($\Delta L_{AE,M,h_s}-\Delta L_{AE,P,0.5}$)を、

$$\Delta L_{AE,M,h_s}-\Delta L_{AE,P,0.5}=a'(\Delta h_s-0.5) \quad (2)$$

と表現し、条件ごとに最小2乗法により係数 a' を求めた。

3.3 音源からの距離 d と係数 a'

こうして求めた係数 a' を、 $\phi \neq 0$ のときと、 $\phi=0$

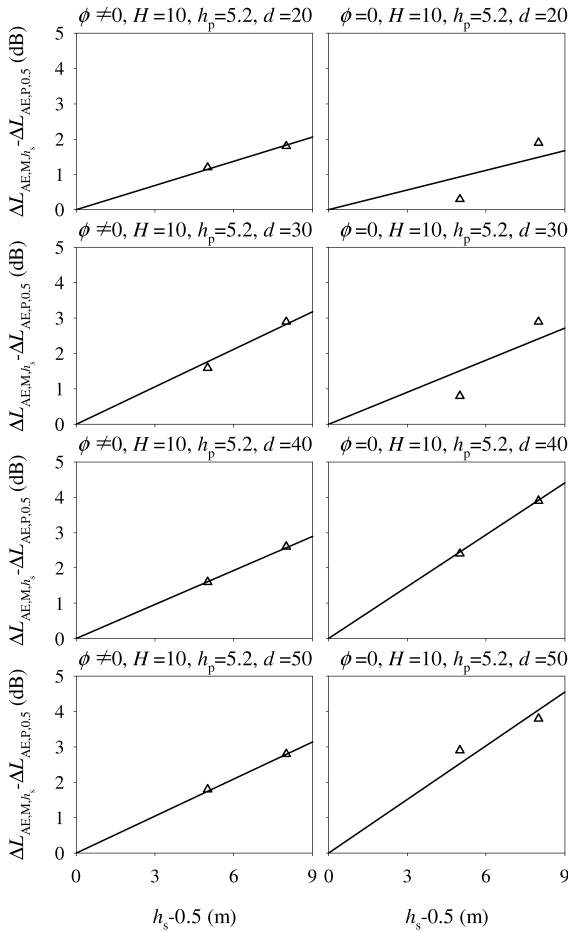


図-4 音源の高さの変化と騒音減衰量の変化

のときに分け、 H 、 h_p ごとに、距離 d との対応をみてみた。一例を図-5に示す。

この図より、 d が大きくなるにつれ、 a' は曲線を描くように大きくなっていくことがわかる。そこで a' を、

$$a' = s' \log_{10} d + t' \quad (3)$$

と表現し、条件ごとに最小2乗法により係数 s' と t' を求めた。

3.4 ($H - h_p$) と係数 s' 、 t'

こうして求めた係数 s' と t' を、 $\phi \neq 0$ のときと $\phi = 0$ のときに分け、受音点がどれだけ建物の屋根から離れているかを表す ($H - h_p$) との関係をもてみた (図-6)。

この図より、($H - h_p$) が大きくなるにつれ、 s' は小さく、 t' は大きくなっており、その変化はほぼ直線的である。そこで、条件ごとに最小2乗法により、傾きと切片を求めた。

3.5 音源の高さが変化する場合の騒音減衰量

以上より、音源の高さが変化する場合の騒音減衰量 ΔL_{AE} は、音源の高さ h_s が 0.5m の場合の騒音減衰量 $\Delta L_{AE,0.5}$ (式 (1) の ΔL_{AE} をこのように表記する) を用

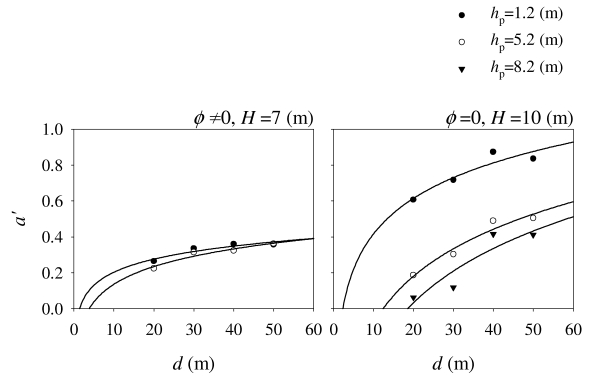


図-5 音源からの距離 d と係数 a'

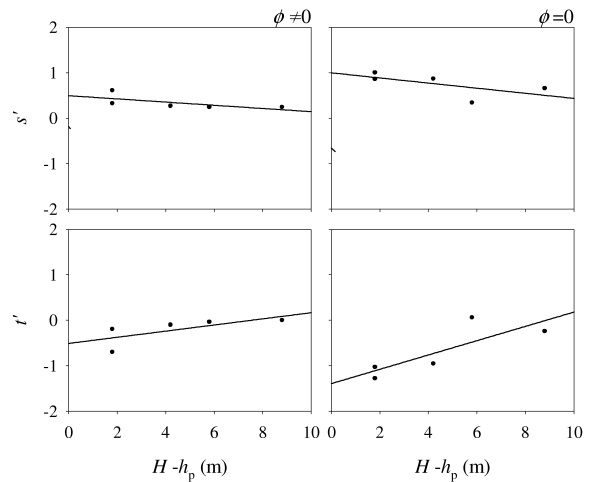


図-6 ($H - h_p$) と係数 s' 、 t'

いて、

$$\Delta L_{AE} = \Delta L_{AE,0.5} + a'(h_s - 0.5) \quad (4)$$

$$a' = s' \log_{10} d + t'$$

$$\phi \neq 0 \text{ のとき } \begin{aligned} s' &= -0.0352(H - h_p) + 0.4967 \\ t' &= 0.0676(H - h_p) - 0.5074 \end{aligned}$$

$$\phi = 0 \text{ のとき } \begin{aligned} s' &= -0.0562(H - h_p) + 0.996 \\ t' &= 0.1573(H - h_p) - 1.3911 \end{aligned}$$

となる。

3.6 予測値と実験値の比較

実験結果の一例を図-7に示す。●が実験結果、実線が式 (4) による予測値である。

予測値は概ね実験値の $\pm 3\text{dB}$ 以内に収まっており、まずまずの対応といえる。予測値は音源の高さ h_s が高くなるにつれて単調に増大するが、これは式 (1) において h_p が大きくなると ΔL_{AE} が大きくなることと同様の傾向で、実験値とも対応が取れている。

音源の高さ h_s が 5.5、8.5m のときのすべての予測値と実験値を、建物高さ H 、受音点高さ h_p ごとに比較したものを図-8に示す。横軸が予測値、縦軸が実験値である。建物高さ H 、受音点高さ h_p がいずれの場合で

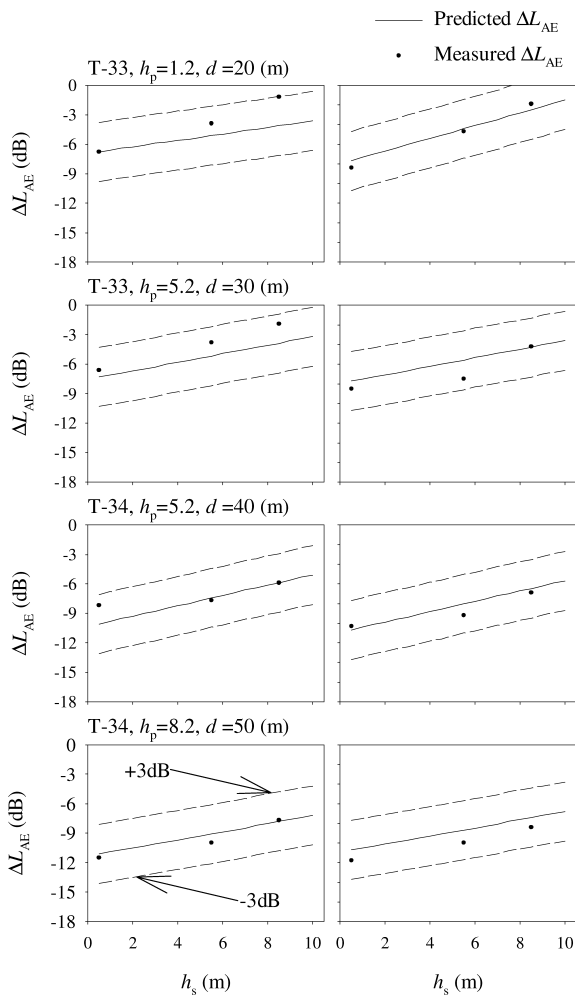


図-7 予測値と実験値の比較

も対応はよく、特定の条件において予測値と実験値の差に偏りがみられるといったことも認められない。予測値と実験値の差の2乗平均値は1.3dBであった。式(1)は±3dB程度の精度を持つとされているが、音源の高さが変化する場合に拡張した予測式(4)も同程度の精度を持つといえる。

4. まとめ

我々の研究室でこれまでに提案した平面道路(道路と住宅群が同一地表面にある道路)に対する戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測式である式(1)を、高架道路や盛土のように音源の高さが変化する場合にも適用できるように拡張し、予測式(4)を提案した。

この式は、ある受音点高さで音源の高さのとき、音源の高さが0.5mで予測している式(1)で求められる騒音減衰量に、音源の高さが変化した分だけ騒音減衰量も変化するとし、その変化量を考慮するという予測法である。

予測値と模型実験の結果の実験値の差はほぼ±3dB以内に収まっており、よい対応であるといえる。また、

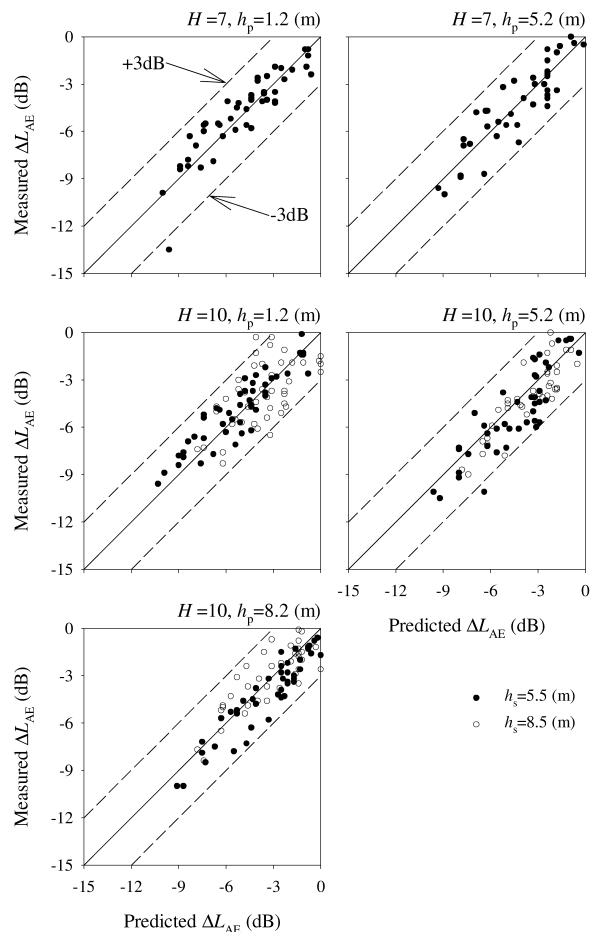


図-8 建物高さを受音点高さごとの予測値と実験値の比較

建物高さや受音点高さ、音源の高さなど、ある特定の条件における結果の偏りも認められなかった。式(1)の精度は±3dBであるが、式(4)も同程度の精度を持つことが確認された。

今後は道路が高い位置にある実際の住宅地において、戸建て住宅による道路交通騒音減衰量を実測し、本研究で提案した予測法の有効性を検証したい。

参考文献

- 1) 環境庁告示 第64号「騒音に係る環境基準について」(1998)
- 2) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会, “道路交通騒音の予測モデル ASJ Model 1998”, 日本音響学会誌, 55, 281-324 (1999)
- 3) 上坂克巳, 大西博文, 千葉隆, 高木興一, “道路に面した市街地における区間平均等価騒音レベルの計算方法”, 騒音制御, 23, 441-451 (1999)
- 4) Kazutoshi Fujimoto, Ken Anai and Ryusei Ohta, “Excess attenuation of road traffic noise by detached houses: Predictions when receiving points are lower than houses”, *Acoust. Sci. & Tech.*, 24, 120-129 (2003)
- 5) 曾根敏夫, 香野俊一, 岩瀬昭雄, “自動車走行騒音のパワーレベルとスペクトル”, 日本音響学会誌, 50, 233-239 (1994)