

戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測法

太田隆成

1. はじめに

平成11年4月に新しい環境基準が施行され、環境騒音は等価騒音レベル L_{Aeq} で評価されるようになるとともに、道路に面する地域においては一定地域ごとに当該地域のすべてのうち基準値を超過する戸数、割合によって評価するよう改訂された。この場合、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。しかし、戸建て住宅地のように建物配置が複雑な場合の建物背後の騒音レベルを理論的に求めることは難しく、建物等による騒音減衰量を求める近似手法が必要である。このような背景の下に、本研究は、戸建て住宅地群による道路交通騒音のレベル減衰に関する簡便な予測推計手法を提示することを目的としている。

2. 模型実験

2.1 実験の概要

Fig.1 に示すように、簡易半無響室内に地表面に相当する床を設置し、実スケール100m×80m（以下、特に断りがない場合は実スケールで示す）の範囲に住宅地模型を配置し、音源から道路交通騒音を想定した音を発生させて、住宅地内の受音点において道路から伝搬してくる音の音圧レベルを測定するという実験を行う。そして、道路交通騒音の住宅地伝搬に伴うレベル減衰量（建物による超過減衰量）を求める。模型の縮尺は、音源その他の音響特性を考慮して1/20とした。

2.2 実験の概要

住宅地内には独立住宅がランダムに配置されていると想定し、住宅の配置を平面的な密度と建物の高さでモデル化する。現実の住宅地における調査結果から、実験では Table 1 に示すように、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段階に変化させて住宅を配置することにした。住宅

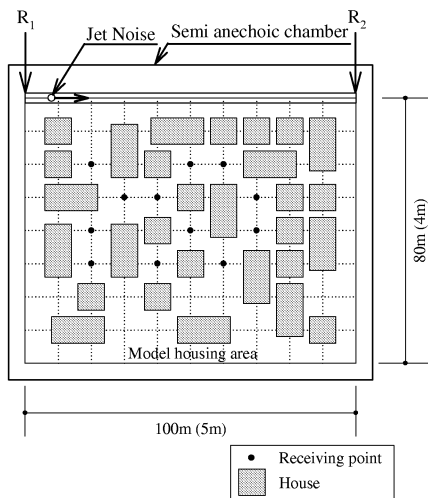


Fig.1 Outline of the experiment

の平面は、8m×8mと8m×16mの2種類、高さ H は1階建て(4m)、2階建て(7m)、3階建て(10m)の3種類の直方体とし、実験で使用する音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

本研究では、道路を無限長線音源と想定することにする。これを実験で再現するために次のようにした。

音源には道路交通騒音の周波数特性をカバーでき、実験で使用する周波数の範囲でほぼ点音源とみなせるジェットノイズを使用した。これを道路上の100mの区間に直線状に移動させ、受音点で得られる音圧レベルを連続的に測定し、その単発騒音レベル L_{AE} を算出した。音源の高さは0.5mである。

受音点で得られるマイクロホンの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を有する場合に受音点でA特性音圧レベル（騒音レベル dBA）が測定されるようにした。

受音点は、Fig.1 に示す計12点で、高さ h_p は1.2m, 5.2m, 8.2m、音源から受音点までの距離 d は20, 30, 40, 50mである。ただし、後述するパラメータを用いるために、受音点高さは建物高さ以下とした。

2.4 騒音減衰量の算出

建物を配置してない場合に得られた L_{AE} を基準にして、建物を配置した場合の L_{AE} との差を建物の影響による騒音減衰量 ΔL_{AE} とした。

3. 実験結果と分析

3.1 パラメータの導入

本研究は、住宅群による騒音減衰量を簡単なパラメータで推計する方法を得ることを目的としているので、次のようなパラメータを導入してみた。

受音点から音源への垂線を中心とした角度 θ の範囲の3角形（以下基準3角形）を想定し、基準3角形内

Table 1 Experimental conditions

No.	Houses	
	Covering percentage	Height
T-11	16.8%	4.0m
T-12	21.6%	
T-13	28.0%	
T-14	34.4%	
T-21	16.8%	7.0m
T-22	21.6%	
T-23	28.0%	
T-24	34.4%	
T-31	16.8%	10.0m
T-32	21.6%	
T-33	28.0%	
T-34	34.4%	

の見通し角度（音源が見える角度） ϕ (Fig.2)と建物率(3角形の面積に対する配置した住宅面積の合計の割合) ξ (Fig.3)を考えた。なお θ は $2\pi/3$ とした。見通し角度 ϕ は建物配置の平面的な情報から得られるものであるが、受音点が建物高さよりも高い位置にある場合、建物上方から音源を直接見通せる状況が起こり得るため、 ϕ が実際の見通し角度を表せないことになる。そこで本論文では受音点高さを建物高さ以下に限定し検討を行った。

3.2 見通し角度 ϕ と建物率 ξ

減衰量は、受音点で道路が見える場合には減衰量が小さくなる。そこで、音源が直接見える場合について、 ΔL_{AE} と見通し角度 ϕ の関係を検討してみた。その結果、受音点から道路の見通しが悪い(ϕ が小さくなる)ほど騒音が減衰すること、また建物高さ H および受音点高さ hp の違いにより変化の割合が異なることがわかった。そこで、 d, H および hp ごとに ΔL_{AE} と ϕ の関係を(1)式($\phi \neq 0$)で表現し、最小2乗法により求めた回帰係数をさらに最小2乗法により d, H および hp の関数で表した。

見通し角度 ϕ が0の場合、建物の密度によって超過減衰量は変わる。そこで、 ΔL_{AE} とこの式で計算される差を $\Delta L_{AE, \xi}$ と表し $\Delta L_{AE, \xi}$ と建物密度 ξ との関係を見てみた。 $\Delta L_{AE, \xi}$ は建物密度 ξ が大きくなるほど減衰し、また d, H および hp の影響はほとんどないことが分かった。これは、建物密度が大きいかほど建物による回折が複雑になり、騒音減衰量が大きくなることによるものと考えられる。そこで、 $\Delta L_{AE, \xi}$ と ξ の関係を(1)式($\phi = 0$)の第2項で表現し、最小2乗法により回帰係数を求めた。

3.3 実験式

以上のようにして、戸建て住宅群による道路交通騒音の超過減衰量を求める実験式(1)を得た。

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

ここで、

- 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)
- a : $a = p + q \log_{10} d$
- p : $p = 2.03H - 2.63hp + 4.64$
- q : $q = -1.10H + 1.47hp - 1.21$
- b : $b = 10^{(sd+t)/a}$
- s : $s = -0.0023H - 0.009hp - 0.123$
- t : $t = -0.29H + 0.94hp - 3.74$
- u : $u = -20.0$
- v : $v = 6.59$

である。

実験条件より、(1)式の適用範囲は、予測地点は道路から50mまで、建物率 ξ は0.4まで、建物高さ H は10mまで、予測点高さは建物高さ以下に限定される。

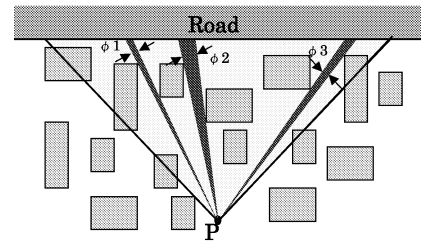


Fig.2 Definition of ϕ

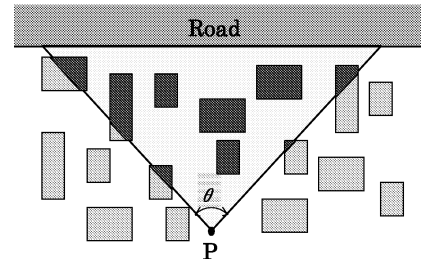


Fig.3 Definition of ξ

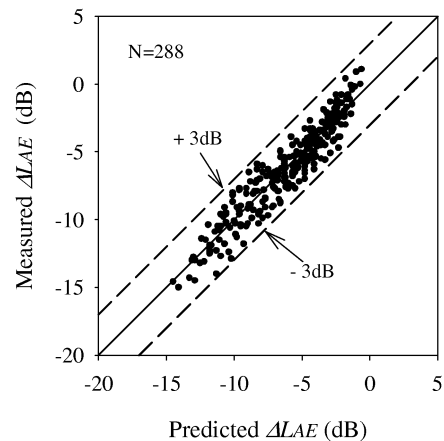


Fig.4 Comparison of experimental values and predicted ones

Fig.4は、(1)式による予測値と実験値との比較を示したものである。相関係数は0.95、両者の差は ± 3 dB以内であり、まずまずの一致といえよう。

4. 実験式の有効性の検証

検証実験、騒音実測調査、従来の方ととの比較によって、3.3で提案した実験式の有効性を検討した。

4.1 検証実験

受音点高さのみを変えた場合と、受音点高さ及び建物配置を変えた場合の2種類の検証実験を行った。実験方法、建物高さは2.と同じである。受音点高さは前者を3.2m, 6.2m, 9.2m、後者を1.2m, 3.2m, 5.2m, 6.2m, 7.0m, 8.2m, 9.2mとし、建物高さを超えるものは除外した。後者の住宅配置は、家屋密度が実験式の適用条件を満たすように2種類(24.8%, 32.8%)とした。また、受音点は2.と同じである。

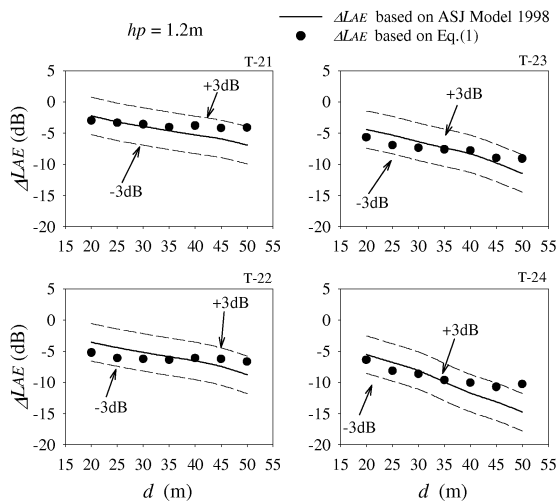


Fig.5 Comparison of ASJ Model 1998 and our method

実験式による予測値と検証実験で得られた値を比較した結果、相関係数は前者 0.93、後者 0.84、予測値と実験値との差はともに概ね $\pm 3\text{dB}$ 以内であり、実験式を導出したデータとほぼ同程度の対応が得られた。

4.2 既往の研究との比較

市街地における建物等による騒音減衰量を求める方法として知られている ASJ Model 1998¹⁾ を取り上げた。比較に用いた住宅配置は、2. の実験で用いた 4 つの配置とした。

ASJ Model 1998 の式は、道路からの距離が同じ場合、騒音減衰量も同じ値となる。一方、本研究で提案する実験式は、予測地点ごとに異なる騒音減衰量を求めることができる。

そこで、両者を比較するために、道路からの距離が 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50m について計算することとし、実験式では、距離ごとに道路と平行に 1m 間隔の地点の騒音レベルを求め、それらの算術平均値を算出した。結果の一例を Fig.5 に示す。Fig.5 以外の結果においても道路から離れると実験式のほうがやや小さな騒音減衰量となる（減衰しない）という傾向が認められるが、両者の差は概ね $\pm 3\text{dB}$ 以内であり、まずまずの対応と言える。差の理由の 1 つは、ASJ Model 1998 が今回のようなランダム配置を想定していないためと推察されるが、このような配置の場合でも、実験式は平均的には ASJ Model 1998 と概ね同じ減衰量を与えると言える。

4.3 実測

実際の住宅地において実測調査を行い、得られたデータと (1) 式による予測値とを比較した。

4.3.1 実測の概要

福岡市内にある、比較的交通量の多い道路に面した住宅地を 2ヶ所 (A, B 地区) を選び、道路交通騒音の実測を行った。実測の目的は建物による道路交通騒音の減衰量を求めることであるので、測定点は、道路端と住宅地内に設け、両方の測定点で同期して騒音レベルを測定した。測定点は、いずれの地区も道路端は A 地区 2 点、B 地区 3 点、住宅地内は A 地区 15 点 ($hp=1.2:9$ 点、

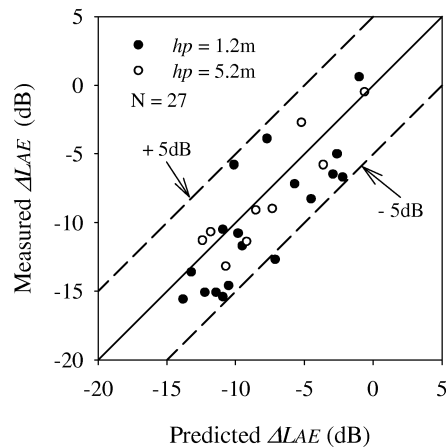


Fig.6 Comparison of experimental values and predicted ones

$hp=5.2:6$ 点)、B 地区 12 点 ($hp=1.2:9$ 点、 $hp=5.2:3$ 点) とした。住宅地内の測定点ごとに、そこから最も近い道路端測定点と同時に測定を開始し、一定時間 (20s) の等価騒音レベルを測定した。

4.3.2 騒音減衰量の算出

道路を、完全反射面上にある 1 車線無限長線音源と想定し、道路端測定点で得られた騒音レベル値と道路中央までの距離から、線音源の単位長さ当たりのパワーレベルを求め、これを用いて、住宅地内測定点の建物がない場合の騒音レベルを算出した。そして、住宅地内測定点の実測値とこの値の差を騒音減衰量 ΔL_{AE} とした。

4.3.3 結果と考察

実験式による予測値と実測値 ΔL_{AE} との比較を Fig.6 に示す。両者の差は $hp=1.2\text{m}$ では $\pm 5\text{dB}$ 以内、 $hp=5.2\text{m}$ では $\pm 3\text{dB}$ 以内であり、まずまずの結果が得られた。 $hp=1.2\text{m}$ では予測値より実測値の方が減衰する傾向にあるが、これは、地図には表されていないガードレール、塀、植栽の影響であると推測される。このような要因を騒音予測にどのように反映させるかは今後の課題であろう。

5. 実験式の適用例

(1) 式によって、住宅地内の騒音レベル分布がどのように求められるか、受音点の高さが騒音レベル分布にどのように影響するかをみるために、2. の実験に用いた配置 (T-32) を用いて (1) 式を戸建て住宅地に適用して騒音レベル分布を求めてみた。

計算結果を Fig.7 に示す。この図は、道路から距離 d における騒音レベル L_{pA} が、 $L_{pA}=L_{WA}-8-10 \log_{10} d+\Delta L_{AE}+\Delta L_g$ (ここで、 L_{WA} は自動車交通騒音の A 特性単位パワーレベル、 ΔL_g は地表面効果による補正量を示す) で計算されると考えたとき、 $L_{WA}=0\text{dB/m}$ 、 $\Delta L_g=3\text{dB}$ (半自由空間を考慮) として計算した値、すなわち騒音レベルの相対値を示している。

また、住宅配置が騒音レベルの分布にどのように影響するかをみるために、家屋密度が (1) 式の適用範囲となるように設定した配置を用い、シミュレーションを行った。計算結果を Fig.8 に示す。参考のために、ASJ Model 1998 に基づく計算結果も併せて示す。なお、建

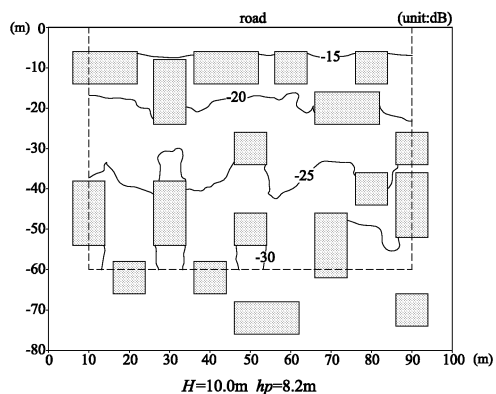
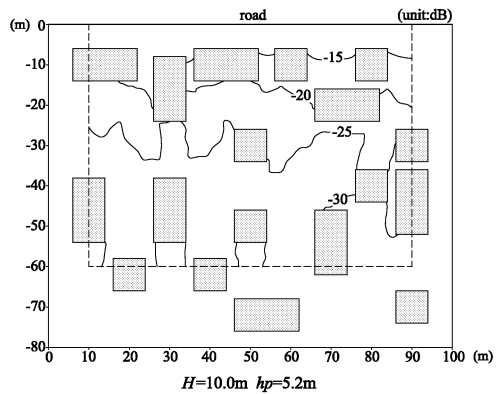
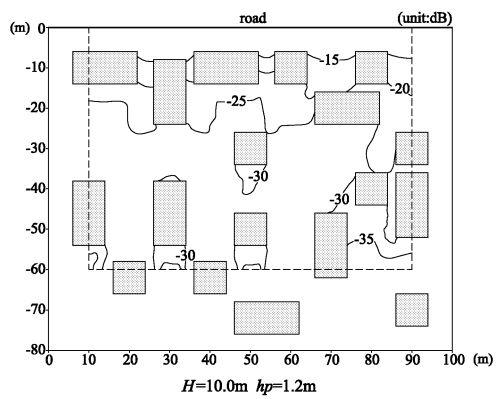


Fig.7 Horizontal distribution of noise level

物高さ H は 10m とした。

ASJ Model 1998 の式は、道路からの距離が同じ場合には騒音レベルも同じ値となるが、実験式は、予測地点ごとに住宅配置を考慮するため、住宅の配置に対応した騒音レベル分布が得られている。また、これまでの式²⁾では高さ方向のパラメータが考慮されていなかったが、今回提案した実験式は建物高さ H および受音点高さ hp がパラメータとして導入されているため、受音点高さの違いによる騒音レベルの差異を把握することが可能となった。

6. まとめ

戸建て住宅群による騒音減衰量の予測法を得ることを目的として、1/20 の縮尺模型実験を行い、これまでの知見²⁾をもとに、建物密度、見通し角度、音源からの距離、建物高さ、受音点高さをパラメータとして用

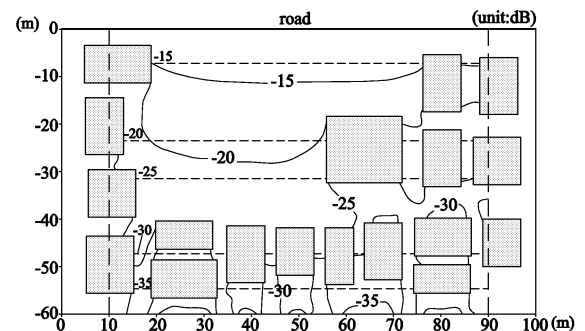
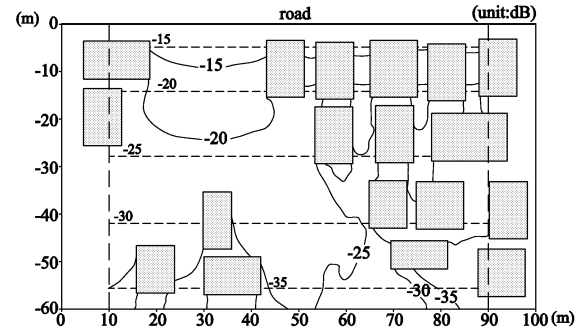
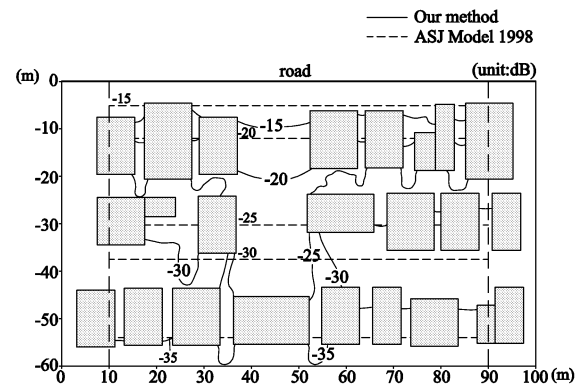


Fig.8 Horizontal distribution of noise level

いた実験式を提案した。

そして、提案した実験式の有効性を検証するため、検証実験、既往の研究との比較、実測値との比較について検討し、実用に耐える精度を持つことを確認した。実験式を用いて住宅地の騒音レベル分布を求め、提案した実験式によって住宅配置に対応した騒音分布を的確に予測できることを示した。

本論文で提案した式は、住宅地における特定地点の騒音予測ができることが特徴であり、これによって個別の住宅ごとの環境予測・評価が可能であり、幹線道路沿道地域での騒音対策に大変有用であるといえる。また、予測に必要なパラメータは建物の計画段階で入手可能なものであるため、当該地域の配置計画に応用することも可能である。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 藤本一寿, 安永和憲, 江崎克浩, 大森寛樹, “戸建て住宅群による道路交通騒音の減衰,” 日本音響学会誌 56, 815-824 (2000)