

戸建て住宅群による道路交通騒音の減衰

安永 和憲

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_{eq} 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。

このような背景の基に、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 住宅地モデル

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。住宅の平面は、8m×8m と 8m×16m の 2 種類、高さは 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制作した。

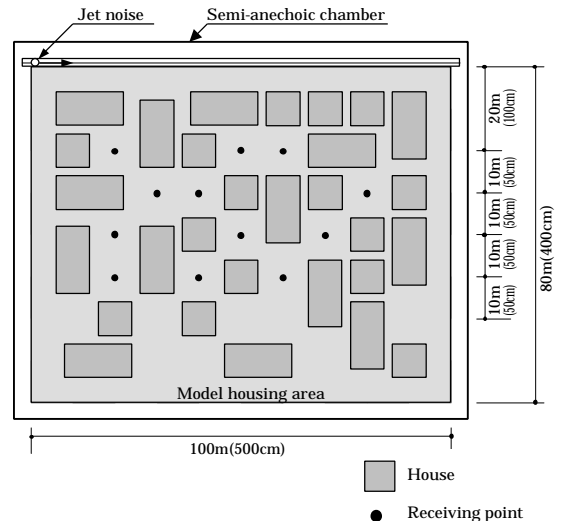


Fig.1 Out of the experiment

Table 1 Outline of the experiment

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%	

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、その全エネルギーレベル L_E を算出した。音源の高さは 0.5m である。

受信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ー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信点で 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。

受信点は、Fig.1 に示す計 12 点で、高さは 1.2m、距離は 20、30、40、50m である。

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_E を基準にして、建物を配置した場合の L_E との差を建物の影響による超過減衰量 L_E とした。

2.5 実験結果と分析

(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。

受信点から音源への垂線を中心とした角度 θ の範囲の三角形(以下基準三角形)を想定し、基準三角形内の見通し角度(音源が見える角度)と建物率(三角形の面積に対する配置した住宅面積の合計の割合)を考えた。なお θ は $2/3$ とした。

(2) 見通し角度と建物率

減衰量は、受信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、 L_E と見通し角度 θ の関係を検討してみた。その結果、受信点から道路の見通しが悪い (θ が小さくなる)ほど騒音が減衰すること、また建物高さの影響はほとんどないことが分かった。建物高さの影響が現れないのは、受信点の高さが 1.2m であるために建物上方からの騒音の影響が少なかったためと考えられる。そこで、建物高さを無視して、 L_E と θ の関係を(1)式の第 1 項で表現し、最小 2 乗法により回帰係数を求めた。

見通し角度 θ が同じでも、建物の密度によって超過減衰量は変わる。そこで、 L_E とこの式で計算される差を L_E と表し L_E と建物密度 ρ との関係を見てみた。

L_E は建物密度 ρ が大きくなるほど減衰し、また道路からの距離 d が大きくなるほど L_E の影響も大きくなることが分かった。これは、建物密度が大きい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ものと考えられる。そこで、 L_E と ρ の関係を式(1)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) 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。

$$L_E = a \log_{10} \left\{ \frac{3f}{2p} (1 - b) + b \right\} + cx^2 \quad (1)$$

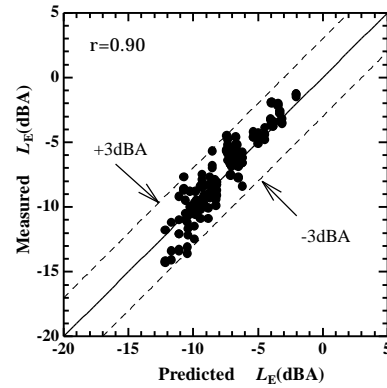


Fig. 3 Comparison with experimental values and predicted ones

- ここで、
- L_E : 建物による超過減衰量 (dBA)
 - θ : 見通し角度 (rad)
 - ρ : 建物率
 - d : 道路(車線)からの距離 (m)
 - a : $a = \frac{265.642}{d} - 1.4564$
 - b : $b = 1.3558e^{-0.0913d}$
 - c : $c = -0.9659d + 14.8961$

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 ρ は 0.4 までに限定される。

Fig.3 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 0.90、両者の差は概ね ± 3 dBA 以内であり、まずまずの一致といえよう。

3. 実験式の有効性の検討

検証実験、騒音実測調査、従来の方法との比較によって、2.5 で提案した実験式の有効性を検討した。

3.1 検証実験

実験方法は 2.1 と同じである。ただし、住宅配置だけは異なる。家屋密度は、実験式の適用条件を満たすように 4 種類(16.0%、23.2%、24.8%、32.8%)とした。なお、実験式には建物高さを変数として考慮されていない(騒音減衰量は建物高さに依存しない)ため、建物高さはすべて 2 階建て(7m)とした。また、受信点は計 12 点で、高さは 1.2m、距離は 20、30、40、50m である。

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 0.83、両者の差は概ね ± 3 dB 以内であり、実験式を導出したデータと比較してほぼ同程度の対応が得られた。

3.2 実測

(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4ヶ所(A、B、C、D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、各地区ともに道路端は3点、住宅地内は、A地区8点、B地区8点、C地区8点、D地区9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(40s)の等価騒音レベルを測定した。

(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 L_{EA} とした。

(3) 結果と考察

実験式(に距離減衰を加えた値)による予測値と実測値 L_{EA} との比較を Fig.4 に示す。両者の差は ± 5 dB 以内であり、まずまずの結果が得られた。

A地区では予測値より実測値の方が減衰しない傾向にあるが、これはピロティを有する建物が要因と考えられる。B、C、D地区では、住宅地の境界に低い塀が設置されるなど実験式の適用範囲を超える要因が、逆に予測値より実測値の方が減衰する結果になったと考えられる。

3.3 既存の研究との比較

実験式の有効性を検証するための第三の検討として、既往の研究による計算結果と比較した。

既往の研究としては、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加来らの式を取り上げた。比較に用いた住宅配置は、2.1の実験で用いた4つの配置(建物高さは2階建て)とした。

加来らの式は、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、道路中央からの距離が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、それらのパワー平均値を算出した。

結果を Fig.5 に示す。両者の差は概ね ± 2 dB 以内となり、両者の差はよく一致しているといえる。

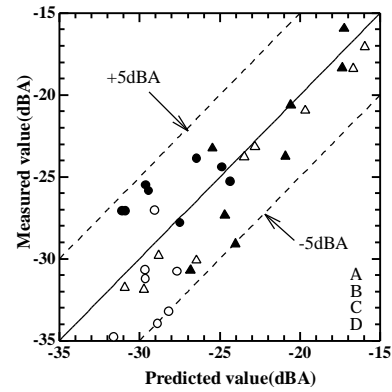


Fig.4 Comparison with measured values and calculated ones

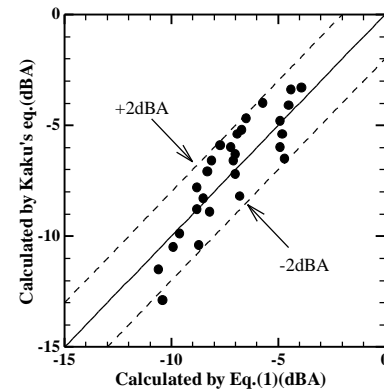


Fig.5 Comparison with Kaku's method and our method

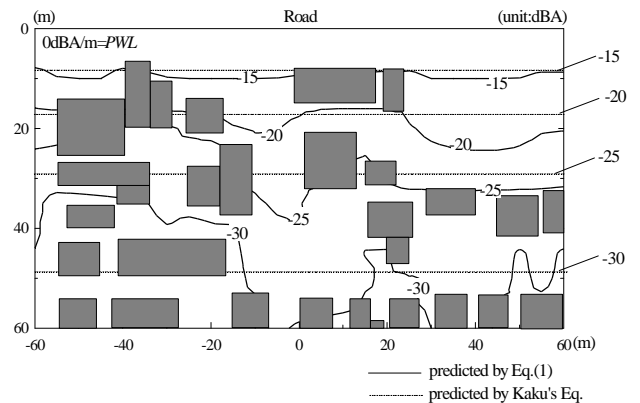


Fig.6 Distribution of noise level

4. 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、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、シミュレーション計算を行った。

計算結果を Fig.6 に示す。参考のために、加来らの式の計算結果も併せて示す。提案した式は加来らの式と比べて、予測地点ごとに、住宅配置に則した騒音レベル分布が得られている。

5. 受音点高さの検討

これまでに、受音点の高さが 1.2m の場合の騒音減衰量予測式を提示しその有効性を確認したが、より高い位置における騒音減衰量を予測する手法も必要である。

そこで受音点高さが 5.2m とした場合、建物の高さや受音点の高さが騒音伝搬に及ぼす影響について検討した。

5.1 模型実験

5.1 実験の概要

実験方法は 2.1 と全く同じである。住宅配置も Table 1 と全く同じ配置である。

受音点は、位置は同じ (Fig.1 参照) であるが、高さは 5.2m (住宅の 2 階程度を想定) である。また騒音減衰量の算出も同様の方法により超過減衰量 L_E を求めた。

5.2 実験結果と分析

(1) 見通し角度、建物率 と高さ

まず、音源が直接見える場合の実験結果 L_E を、距離別に見通し角度 で整理した。

受音点の高さが 1.2m の場合の(1)式の値と比較すると、騒音減衰量は、音源からの距離が小さいほど、受音点高さ 1.2m の場合との差が大きくなり、また建物高さの影響(建物高さが低い方が差が大きい)も顕著に現れることが分かった。

次に、建物密度との関係を検討するために、 L_E から見通し角度の影響((1)式において を考えない場合)を引いた値を L_{Eh} とし、これを建物率 で整理した。

騒音減衰量は、受音点高さが 1.2m との差が生じ、また建物高さの影響も顕著になることが分かった。

(2) 建物高さと受音点高さの差 h

5.2(1)の結果、すなわち音源からの距離に比例して建物高さの影響は小さくなり、受音点高さ 1.2m の場合の値に近い値となる。また建物高さの影響は、建物高さが 1 階の場合に最も大きく現れ、建物高さが 3 階の場合には小さいことを踏まえて、建物高さと受音点高さ(5.2m)の差 h を新たなパラメータとして導入する。

(3) h による補正

実験結果(受音点高さ 5.2m)と(1)式で求められる値の差 L_{Eh} を求め、 L_{Eh} と h との関係のみてみた。結果として同じ h でもばらつきがあるが、 h が大きい場合には 0dB に収束する傾向が認められた。

受音点高さが 1.2m の場合、建物高さとの差が最も小さくなるのは 1 階(4m)の場合で、このときの h は 2.8m である。このことと連続性を持たせるために、 h が 2.8 以上の場合には、騒音減衰量の補正は行わないこととする。

h が 2.8 より小さい場合について、 L_{Eh} が h と線形であ

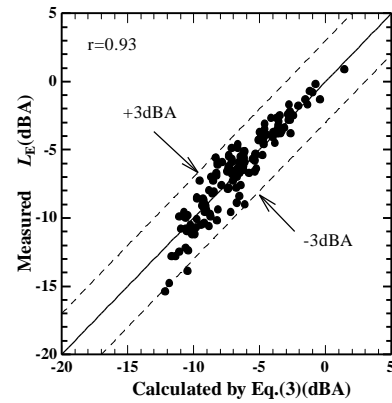


Fig.7 Comparison with measured L_E and calculated Eq.(3)

ると仮定して最小 2 乗法で回帰式を求めた。

その結果、次の(2)式を得た。

$$L_{Eh} = \begin{cases} ah + b & (h < 2.8 \text{ のとき}) \\ 0 & (h \geq 2.8 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 L_{Eh} : 建物による超過減衰量 (dBA)

d : 道路(車線)からの距離 (m)

a : $a = 0.0191d - 1.25$

b : $b = -0.0536d + 3.51$

である。

以上から、受音点高さ 5.2m の場合の騒音減衰量は、次の(3)式で計算される。

$$L_{E,2F} = L_E + L_{Eh} \quad (3)$$

実験条件より (3)式の適用範囲は、予測地点は道路端から 50m まで、 h は -1.2 m までに限られる。

Fig.7 は、実験結果と(3)式による計算結果を比較したものである。相関係数は 0.93、両者の差は概ね ± 3 dB 以内であり、まずまずの一致といえよう。

6. まとめ

縮尺模型実験により、戸建て住宅地への道路交通騒音の伝搬性状を捉え、戸建て住宅群による道路交通騒音の超過減衰量の推計手法について検討し、実験式を提示した。そして検証実験、実測、既存の研究との比較によって検証した結果、実験式の有効性を検証した。

また、建物高さの超過減衰量に及ぼす影響について検討した結果、その効果は建物高さと受音点高さの差で近似的に整理できることがわかった。

本研究で提案した実験式は、これまで捉えることのできなかった住宅地内の特定点の騒音レベルを予測できることから、環境騒音の推計手法としても有効な方法であると考えられる。