

平面および盛土道路に面する地域における 戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測

関藤 大樹

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環境基準達成状況の評価を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群による騒音減衰量を求める必要があり、ASJ RTN-Model 2003²⁾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提示されている。九州大学藤本研究室は、より現実に即した環境評価のためには地区内の平均的な値だけではなく特定点の値も必要であると考え、縮尺模型実験による検討結果に基づき、住宅群による道路交通騒音減衰量を見通し角度 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求める予測式 (以下、F2002 と呼ぶ) を提案した⁴⁾。また、盛土道路 (音源高さ h_s が変化する場
合) にも適用できるよう、その後 F2002 を拡張した⁵⁾。

しかしながら、上記の模型実験では、実験システムの制約から 1,600Hz (実周波数) までの周波数成分しか考慮しておらず、実際の道路交通騒音にはそれ以上の高周波数成分も含まれているためその精度に関して多少問題があり、再検討が必要であると考えられる。

そこで本研究では、現実の道路交通騒音により適合した予測式を提案することを目的とし、道路交通騒音の周波数を十分にカバーした精度の高い実験となるように実験システムを改良し、既報⁴⁾⁵⁾と同様の実験を再度行い、戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測法について再検討した。

2. 模型実験

今回行う模型実験は、基本的には過去に行った実験と同じものである。

2.1 実験の概要

図-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、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

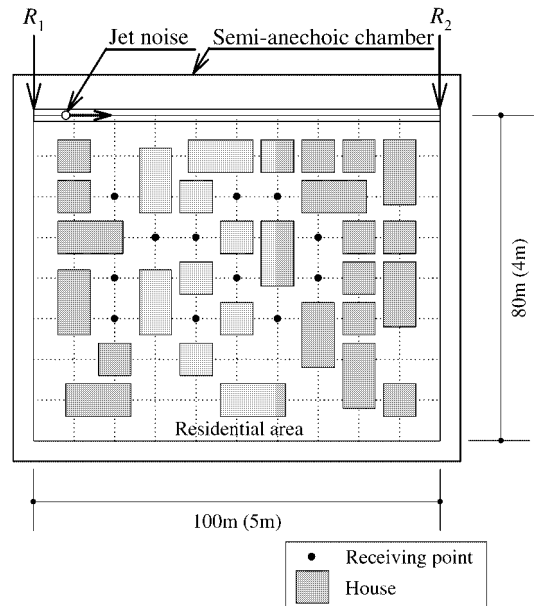


図-1 模型実験の概要

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 (建物群による挿入損失) 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 16.8%、21.6%、28.0%、34.4% の 4 段階に変化させて住宅を配置した。配置パターンを図-2 に示す。住宅の平面は、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制作した。

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し、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、図-1 の R_1 から

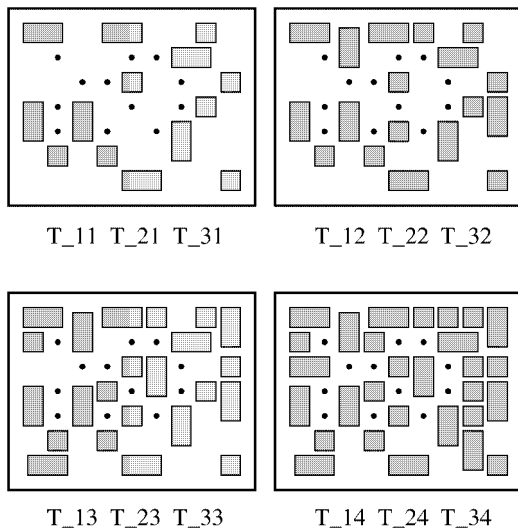


図-2 住宅配置

R_2 までの区間 (100m の直線道路) を約 42s で定常走行させ、その時受音点で得られる音圧レベルを連続的に測定した。音源の高さは 0.5, 2.5, 4.0, 5.5, 7.0, 8.5m とし、 h_s が 0.5m の場合を平面道路、それ以外を盛土道路とみなし、より現実に近い状況を再現するために盛土道路の場合のみ盛土側面とみなす壁面を道路下に設置した。

受音点は図-2 に示す計 12 点で、高さ h_p は 1.2, 5.2, 8.2m、道路から受音点までの距離 d は 20, 30, 40, 50m とし、音源高さおよび受音点高さは建物高さ以下とした。

また、過去の実験では、使用したデジタルフィルタの特性から、200 ~ 1,600Hz(実スケール) の周波数成分しか取り扱うことができなかったが、実際の道路交通騒音はその範囲以外の周波数成分も含んでいるので、今回の実験では高速 AD Converter を用いて、音圧信号をサンプリング周波数 200kHz で収録し、解析周波数を 50 ~ 5,000Hz(実スケール) に拡張した。

2.4 騒音減衰量の算出

騒音減衰量 ΔL_{AE} は次のように算出した。まず、受音点で得られるマイクロホンの出力 (アナログ) 信号を、分解能 24bit、サンプリング周波数 200kHz で AD 変換した。次に、サンプリングデータを時系列順に 16,384 (= 2^{14}) 個ずつ取り分け、それぞれをフーリエ変換し、計 512 個のパワースペクトルを求めた。さらに、そのパワースペクトルから 1/3 オクターブバンド音圧レベルを算出し、それに ASJ RTN-Model 2003 に示されている道路交通騒音の平均的な A 特性スペクトルと実験で用いたジェットノイズの周波数特性の相対的なレベル差を周波数補正し、全周波数帯域での A 特性音圧レベル L_{pA} を求めた。そして、これらの L_{pA} によって求められるユニットパターン (音源の移動に伴って受音点で測定される騒音レベルの時間変動) から単発騒

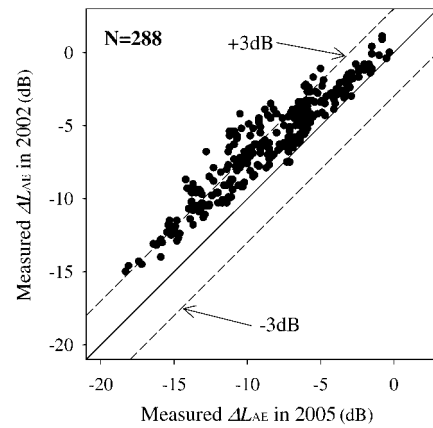


図-3 過去の実験値との比較 ($h_s=0.5$)

音暴露レベル L_{AE} を算出し、建物を配置してい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 実験結果の分析

実験結果を過去 (2002 年の実験⁴⁾) の実験結果と比較してみた。結果を図-3 に示す。なお、この図には音源高さ $h_s=0.5$ のデータしか含まれない。

図から、今回の実験結果は過去の実験結果より全体的に値が小さい (減衰している) ことがわかる。これは、高周波数成分は低周波数成分に比べて回折による減衰量が大きいため、高周波成分も含まれた今回の実験では回折減衰量が大きくなり、その結果、建物群による減衰量も全体的に大きくなったためと考えられる。

また、建物高さ H および受音点高さ h_p 、音源高さ h_s のそれぞれについて、パラメータの変化と今回の実験結果 (ΔL_{AE}) との関係調べた。結果を図-4 に例示する。

この図より、建物高さ H および受音点高さ h_p が変化しても ΔL_{AE} はほとんど変化しないことがわかる。これは、高周波数成分を含んだ今回の実験では、過去の実験に比べ建物群上方を回折する音の影響が小さく、それに伴って受音点高さによる回折減衰量の変化が小さくなったためと考えられる。

しかし、 h_s が大きくなると、やや ΔL_{AE} の値が大きくなる (減衰しない) 傾向がみられる。これは、 h_s が大きくなる、つまり盛土の高さが大きくなるほど、盛土の側壁による反射音の影響を無視できなくなるためであると考えられる。

3.2 実験式の導出

受音点の騒音レベルは直接音の影響が大きいことが、これまでの基礎実験の検討結果⁶⁾⁷⁾ から明らかになっている。また、3.1 の分析より、 h_s の変化による騒音

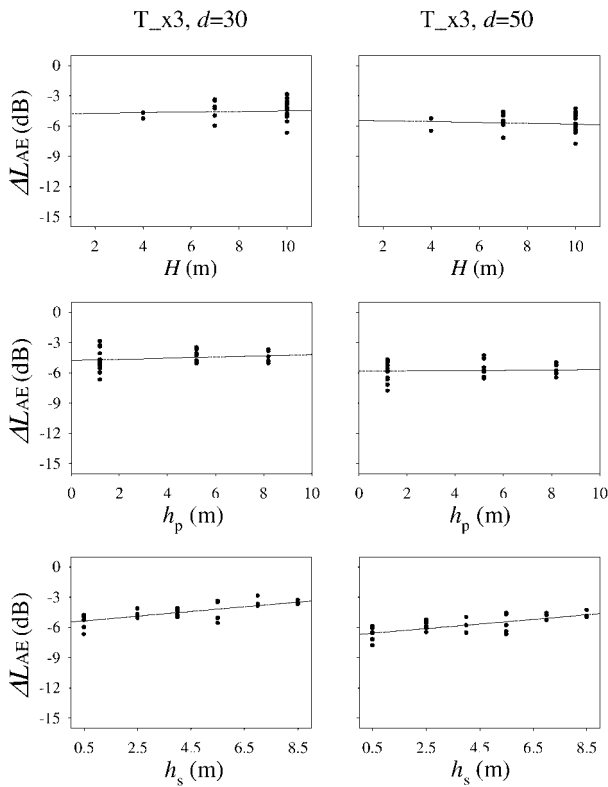


図-4 騒音減衰量の変化 (H , h_p , h_s ごと)

減衰量の変化量はそれほど大きくないことが分かっている。そこで今回は、まず d , ϕ , ξ を用いて $h_s=0.5$ の場合の予測式を導出し、その式に h_s を用いた補正値を加えることで実験式を導出する。

建物が存在しない場合の有限長線音源からの音圧レベルは $10 \log_{10} \phi$ で決まるが、建物が配置された場合には $\log_{10} \phi$ の係数が建物の状況により変化すると予想されること、また基準 3 角形内に建物が存在しない場合 ($\phi=2\pi/3$) の騒音減衰量は 0 となることに基づき、 $h_s=0.5$ の場合の予測式を

$$\Delta L_{AE,0.5} = a \log_{10} \left\{ \frac{3\phi}{2\pi} (1-b) + b \right\} \quad (1)$$

と仮定し、最小 2 乗法により回帰係数 a , b を求めた。

さらに、式 (1) を用いて h_s の値が実験条件内で変化した場合の予測値を算出し、求められた値と実験値との差を h_s ごとに比較した。こうして得られた関係から、式 (1) での予測値と実験値との差を補正値 c とし、 h_s を用いて

$$c = a'(h_s - 0.5) \quad (2)$$

と表現し、最小 2 乗法により回帰係数 a' を求めた。

以上のようにして、平面および盛土道路に面する地域における道路交通騒音減衰量の予測式 (3) (以下、F2005 と呼ぶ) を得た。

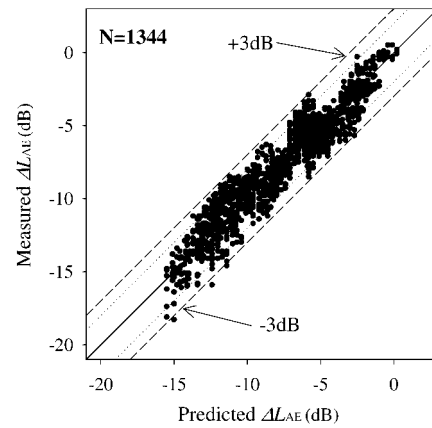


図-5 F2005 による予測値と実験値の比較

$$\Delta L_{AE} = a \log_{10} \left\{ \frac{3\phi}{2\pi} (1-b) + b \right\} + c \quad (3)$$

ΔL_{AE} : 住宅群による騒音減衰量 (dB)

ϕ : 見通し角 (rad)

ξ : 建物率

d : 道路(車線)からの距離 (m)

a : $a = 25.99 - 12.73 \log_{10} d$

b : $b = 10^{(0.14d - 26.12\xi + 1.68)/a}$

c : $c = 0.20(h_s - 0.5)$

3.3 F2005 による予測値と実験結果の比較

F2005 による予測値と実験値との比較を図-5 に示す。両者の差は概ね ± 3 dB 以内であり、まずまずの対応と言える。

4. F2005 の有効性の検証

検証実験、既往の研究との比較によって、3.2 で提案した実験式の有効性を検討した。

4.1 検証実験

受音点高さ及び住宅配置を変えた場合について実験を行う。住宅配置は図-6 に示す 2 種類で、家屋密度は実験式の適用条件を満たすように 19.2%、29.6% とし、建物高さを 7m、音源高さを 0.5m と 4.0m とした。受音点は図-6 に示す 12 点で、高さは予測式を導出した実験と異なる 3.2m と 5.2m とした。

検証実験による実験値と F2005 による予測値との比較を図-7 に示す。予測値と実験値の差は概ね ± 3 dB 以内に収まっており、F2005 を導出した実験とほぼ同程度である。これより、F2005 は受音点高さや住宅配置が変化しても有効な予測式であると言える。

4.2 既往の研究との比較

次に、現在我が国で広く用いられている ASJ RTN-Model 2003 の建物群による騒音減衰量を求める方法と F2005 の対応を見る。ASJ RTN-Model 2003 には 2 つ

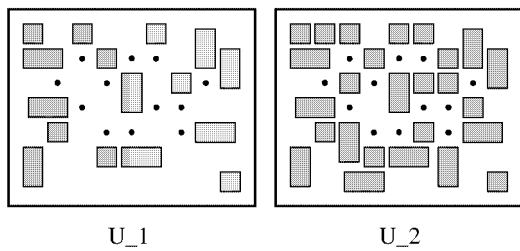


図-6 検証実験の住宅配置

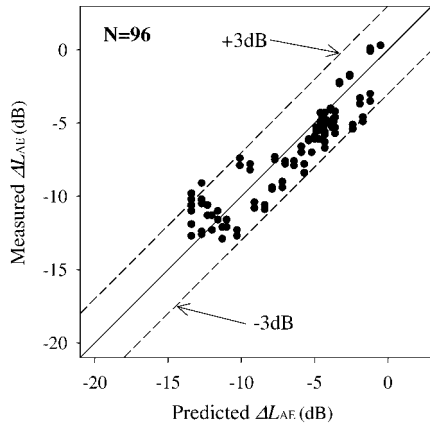


図-7 F2005 による予測値と検証実験値の比較

の予測法が提示されているが、ここでは「道路近接建物列と背後建物群のパラメータを用いる方法」を用いた。

住宅配置は図-8 に示す 2 種類で、100m × 60m の市街地に様々な大きさの住宅が平面道路と平行に並んでいる状況を想定した。評価区間は道路からの距離が 15, 30, 45, 60m の区間とし、評価区間上に住宅は配置されていない。また、道路近接建物列は道路と平行に並んだ道路直近の列とした。住宅配置の家屋密度はそれぞれ 23.9%, 31.4% で、共に F2005 の適用範囲内である。なお、F2005 では評価区間上 1m ごとに予測値を求め、その平均値を F2005 による騒音減衰量の区間平均値とし、音源高さ h_s を 0.5m として計算を行った。

結果を図-9 に示す。道路に近い評価区間では F2005 による減衰量の方がやや大きくなる (減衰する) 傾向が認められるが、F2005 は ASJ RTN-Model 2003 と概ね同じ減衰量を与える。これより、F2005 は道路からの距離が一定の評価区間ごとに平均減衰量を求める場合にも有効な予測式であると言える。

5. まとめ

これまで藤本研究室で提案してきた道路交通騒音減衰量の予測式の導出のための模型実験では、1,600Hz までの周波数成分しか考慮しておらず、実際の道路交通騒音にはそれ以上の高周波数成分も含まれるため、その精度に関して多少問題がある。

そこで、本研究では現実の道路交通騒音により適合

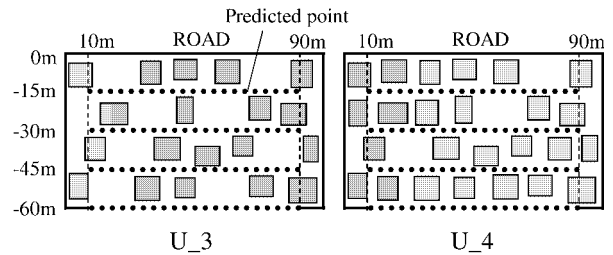


図-8 ASJ RTN-Model 2003 との比較に用いた住宅配置

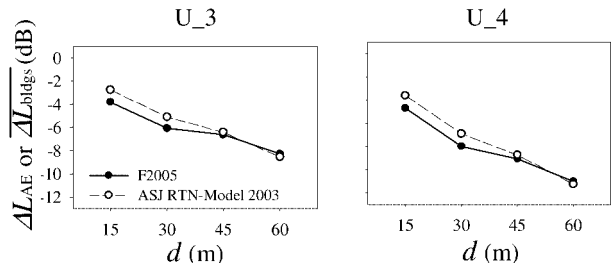


図-9 ASJ RTN Model 2003 と F2005 の比較

した予測式を提案することを目的として、道路交通騒音の周波数を十分にカバーした精度の高い実験となるよう実験システムを改良し、既報と同様の実験を再度行った。その結果、建物高さ H および受音点高さ h_p が変化しても ΔL_{AE} はほとんど変化しないことが分かったため、それら以外の 4 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 , 音源高さ h_s) を用いて、より簡便で、より現実の騒音に適合した予測式 (F2005) を提案した。また、検証実験および既往の研究との比較により、その有効性を検証した。

今後は、提案した予測式がどこまで実際の道路交通騒音減衰量に適用できるかを、実測値との比較による検証によって明らかにする必要がある。

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 RTN-Model 2003”, 日本音響学会誌, 60, 192-241 (2004)
- 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) K.Fujimoto, K.Anai and R.Ohta, “Excess attenuation of road traffic noise by detached houses: Predictions when receiving points are lower than houses,” Acoustical Science and Technology, 24, 120-129 (2003)
- 5) K.Fujimoto, K.Isogai and K.Anai, “Excess attenuation of road traffic noise by detached houses in the residential area around a low embankment road,” Proc. inter-noise 2004, 451 (2004)
- 6) 藤本一寿, 金華日, 白川秀樹, 安永和憲, “戸建て住宅地への道路交通騒音の伝搬,” 音響学会騒音・振動研究会資料 N-98-43, 1-5 (1998)
- 7) H.Kim, K.Fujimoto, H.Shirakawa and K.Yasunaga, “Propagation of road traffic noise over the detached houses,” Proc. inter-noise 1998, Paper No.111 (1998)