

IV-15

札幌市における都市環境騒音の予測

北海道大学工学部

佐々木啓聡

北海道大学工学部

正会員 長谷部正基

北海道大学工学部

正会員 金安 公造

1. はじめに

都市には、自動車、鉄道などの交通機関による騒音、商業活動、工業活動による騒音、その他人や動物の声などの騒音が存在している。その中で都市内の音環境にとって、道路交通による騒音はその大部分を占めるものとされており従来より多くの研究が都市環境騒音と道路交通との関連についてなされてきた。

環境騒音の予測を行う目的でShawら¹⁾は自動車が都市内に一様に分布しているとして都市内での騒音レベル中央値 L_{50} を与える理論を示した。高木ら²⁾は都市を想定した面内に音源がランダムに分布している場合について検討した。しかし実際の都市域では、自動車交通流が音源として明確に存在しており、交通量の多い地域か否かで、音環境に明らかな差がみられる。このような事実から、都市に騒音源が均一に分布していると捉えるよりも、自動車交通流を音源として明確に考慮にいたれた方が、都市域の音環境を把握するためには妥当であると考えられる。本研究ではこのような観点から、都市域の幹線道路を騒音源が偏在してできる一様な線音源として考え、また細街路は交通量が少ないことから騒音源である自動車が均一に分布している面音源と考える手法を明らかにした。また、手法の検証は札幌市内で行われた環境騒音調査結果の解析に本研究による手法を適用して行った。

2. 都市環境騒音予測方法の検討

幹線道路による環境騒音予測モデルと細街路による環境騒音予測モデルの二つのモデルにより出力された予測値を合成し、都市内の任意の地点の騒音レベルを予測する方法を検討する。

2-1 幹線道路自動車騒音予測方法

幹線道路からの騒音レベル値の予測は、一般的には音源としての自動車を無指向性点音源とし、等間

隔に一車線に並べたモデルを基にした音響学会式によって行われている。一方、道路を非干渉性の線音源として予測式を表すことも可能である。これは、後述する細街路自動車騒音予測方法と統一性があるため、本研究ではこちらを用いた。

都市域のような比較的広い地域での騒音を予測する方法としては、Shawらの均一な都市に対する理論がある。ここでは、これを幹線道路に適用する。

騒音源として、都市内の一台の自動車を考える。この自動車から基準距離 R_m (m) 離れた地点での音圧を P_m とすると、音源から任意の距離 R_i (m) 離れた地点での音の強さ I_i は、音響エネルギー密度を ε_i として、

$$I_i = \varepsilon_i \cdot c$$

$$= F(P_m^2 / \rho c) (R_m^2 / R_i^2) \exp(-\alpha(R_i - R_m)) \cdots (1)$$

一般には $R_m \ll R_i$ とみなせるから、

$$I_i = F(P_m^2 / \rho c) (R_m^2 / R_i^2) \exp(-\alpha R_i) \cdots (2)$$

但し、 ρ : 大気密度(kg/m³) c : 音速(m/sec)

α : 大気吸収係数(dB/m) F : 遮へい係数

遮へい係数 F は音の伝搬経路にある障害物、地表面の音響的性質などの影響でおこる超過減衰を表す係数である。すなわち $F=1$ の場合、音は超過減衰なしに伝搬するということである。また、Shawらのものと同様に F は音源からの距離には依存しないものとする。

幹線道路の影響による受音点での音の強さ I_p は、音源の密度を N_p [台/m]として、

$$I_p = \frac{1}{2\pi} W_0 10^{L_{pWL}} \int_1^{\infty} F N_p / R^2 \exp(-\alpha R) \cdot dl \cdots (3)$$

$$W_0 = 10^{-12} (W)$$

l は、幹線道路を表す線分である。また、受音点での幹線道路に起因する音圧レベル L_n は、

$$L_n = 10 \log_{10} (I_p / I_0) \cdots (4)$$

$$I_0 = 10^{-12} (W/m^2)$$

実際の計算では直線部、曲線部を含む幹線道路を微

小区間に分割し、数値計算を行った。

2-2 細街路自動車騒音予測方法

細街路による騒音の予測は、Shawらによる均一な都市に関する理論をそのまま適用するが、ここでは、都市を500m×500mのメッシュに区切り、単一メッシュの内部については均一な状態を想定して行った。

受音点を中心とする R_0 ($1/(\pi N_D)^{0.5}$; N_D は音源の密度[台/m²])の円を考える。その円の外側の平面の音源による、受音点での音の強さ I への寄与を I_D 、円の内側にある局所音源(local source)による、受音点での音の強さ I への寄与を I_L とする。 I_D については、

$$I_D = \frac{1}{2\pi} W_0 10^{L_{PWL}/10} \int_S \frac{F N_D}{R^2} \exp(-\alpha R) \cdot dS \quad \dots(5)$$

となる。実際の計算では平面をリング上の微小面積に分割し、数値計算を行った。

次に I_L については(6)式のようになり、細街路のみの寄与による自動車騒音予測値 L_N は(7)式から求まる。

$$I_L = W_0 10^{L_{PWL}/10} F N_D \exp(-\alpha / (2\pi N_D)^{0.5}) \quad \dots(6)$$

$$L_N = 10 \log_{10} (I_N / I_0) \\ = 10 \log_{10} ((I_D + I_L) / I_0) \quad \dots(7)$$

なお、 L_{PWL} は、音響学会式で用いられている式³⁾を基に走行車両の年式構成比を考慮した次式を用いた。

$$L_{PWL} = 86.5 + 0.2V + 10 \log_{10} (a_1 + 8a_2) \quad \dots(8)$$

V : 平均速度(km/hr)
 a_1 : 小型車率 a_2 : 大型車率

3. 予測計算の実行と結果の検討

3-1 札幌市における環境騒音調査

調査は、札幌市役所により昭和60年の非積雪期に札幌市の市街化区域を、主に500m×500mのメッシュに分割し、その中心点を測定点としてJIS Z8731に基づき昼間の騒音レベル中央値 L_{50} などを測定した。

測定は、土曜日、日曜日、祝祭日など、通常の音環境と異なる日、及び強風、雨天などにより調査結

果に影響があると考えられる日は除かれた。

また、調査時間は10:00~11:30、13:30~16:00の時間帯の任意の500秒間で、道路に面する地域の道路端と後背地の調査は同時に行われた。

3-2 音源の密度(交通量)

幹線道路の交通量は、騒音調査と同時に行われた交通量調査結果を基にした。細街路交通量は、各用途地域別に抽出した83区画について、航空写真を用い、走行している自動車台数を数え、人口、容積率及び商業・業務率(総床面積の割合)を説明変数として回帰式を作成し、市内の任意の地点について細街路自動車交通量(N_D)を計算できるようにした。その回帰式を(9)式に示す。

$$N_D = 0.0395P_L + 0.103R_L + 0.347S_L \quad \dots(9)$$

(台/20.2hr)

P_L : 人口(人/hr) R_L : 容積率(%) S_L : 商業・業務率(%)

3-3 予測値と実測値の比較

図-1に、予測値の計算手順のフローを示す。

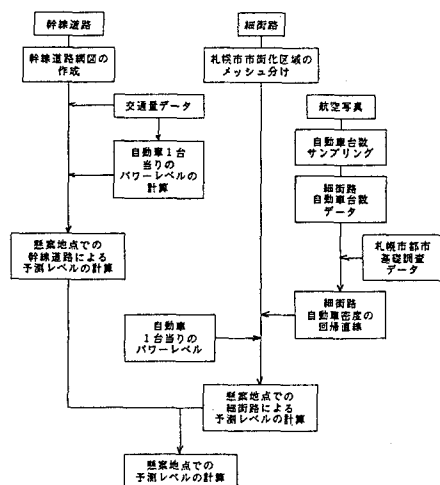


図-1 予測計算実行のフロー図

このフローに従って求めた予測値と、実測値との比較検討を行った。ここでは遮へい係数 F は、Shawらによって示された値($F=0.032$; -15dBに対応する)を用いた。また大気吸収係数 α の値としては、道路交

通騒音の代表的周波数500Hzにおける値 5×10^{-3} dB/mを用いた。¹⁾

図-2には実測値(中央値 L_{50})と計算値の差の度数分布を1dBごとに示した。検討の対象とした地点は札幌市全域より均一に509点を選択した。その土地利用別の内訳は表-1に示した。

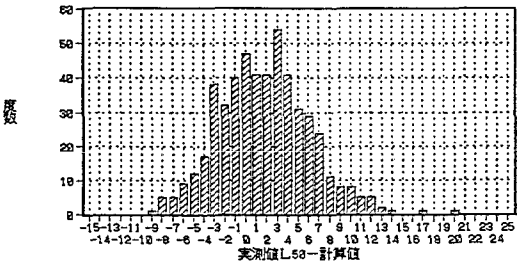


図-2 実測値 L_{50} と計算値との差

用途地域	地点数
第一種住居専用地域	92
第二種住居専用地域	119
住居地域	178
近隣商業地域	34
商業地域	28
準工業地域	50
工業地域	8
札幌市全域	509

表-1 計算された地点の用途地域別地点数

度数分布の ± 3 dB以内に含まれる地点数は全体の約60%にあたり、この手法によって種々の土地利用形態の地点が含まれているにもかかわらず、良好な予測が行われたといえる。具体的に地図上の比較を、図-3(a)~(c)に示した。これは一部地区について計算した結果の等レベル線図である。

図-3(a)、(b)の主に住居地域が占める地区については予測計算値は、測定値の傾向としてみられる幹線道路の影響をよく表している。しかし、図-3

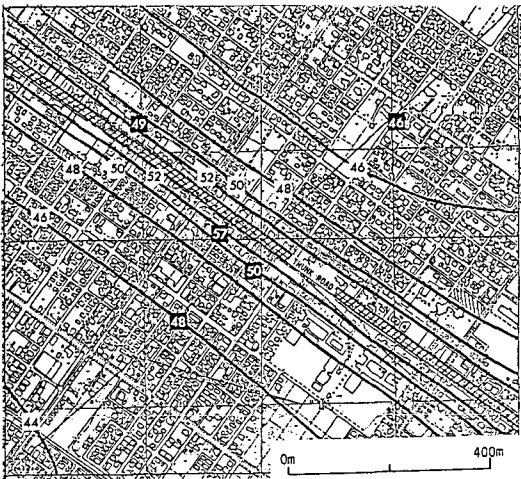


図-3(a) 北区新琴似地区における等レベル線図

幹線道路は車線で覆われた領域
実測値は白抜き数字、計算値はレベル線上に
黒数字で示した。

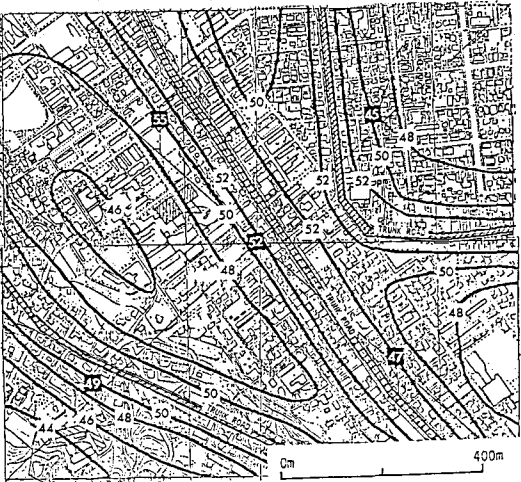


図-3(b) 中央区山鼻地区における等レベル線図

(c)にみられるような都心部のビル街については、測定値に対して低い値が算出される。

これは細街路の交通量を予測する回帰式が、混雑したビル街の道路に対応しきれないこと、商業活動などに伴う実測騒音レベルの増加などによるものと考えられる。

また、図-2に示された度数分布には、若干(実測値)>(計算値)の傾向がみられる。土地利用形



図-3(c) 中央区都心部における等レベル線図

態別の傾向を検討するために、ここでは遮へい係数 F 値にそれらの影響が組み込まれていると考え、各土地利用形態ごとの F 値を算出した。

3-4 遮へい係数 F への土地利用形態の影響

土地利用形態の F 値への影響を検討するために、各計算点の用途地域別の実測値と計算値との差の平均を遮へい係数 F に換算した値を表-2に示した。

用途地域	遮蔽係数
第一種住居専用地域	0.050
第二種住居専用地域	0.044
住居地域	0.042
近隣商業地域	0.035
商業地域	0.065
準工業地域	0.069
工業地域	0.135

表-2 用途地域別の遮蔽係数

住居系の用途地域（第1種住居専用地域、第2種住居専用地域及び住居地域）、及び近隣商業地域で小さく、商業地域及び工業系の用途地域（準工業地域及び工業地域）では大きくなっている。

このことから、住居系の用途地域ではShawらの用いた遮へい係数 F 値が比較的当てはまると考えられる。これはShawらのモデルにおける遮へい係数 F は、カナダのオタワ市郊外の住居地域においての測定から決定された事に符合している。また、遮へい係数 F が騒音の周波数及び音源と受音点間の距離に依存しないというShawらの結論とも一致していると考え

られる。しかし商業地域及び工業系の用途地域では（実測値）>（計算値）の傾向がある。特に、工業地域ではその傾向が強く、住居系とは異なる都市構造、騒音源となる活動が存在することが推察される。すなわち、工場建物周辺の空き地が多いため、遮へい効果を示す建物などが少ないことと、工業活動などに伴う卓越的な周波数成分を持つ騒音の影響がくみ合わされていることによる効果とみられる。本研究では道路交通騒音以外の騒音源については検討していないため、他の騒音源の周波数特性の影響については今後の研究課題である。

4. あとがき

本研究で明らかにした手法によって都市域での環境騒音を定量的に予測することが可能になった。従来の手法では区画内の平均的な騒音レベルを求める比較的マクロな予測を行っていたが幹線道路を明確に理論に取り込むことによってその影響も適切に表現している等レベル線図も描けることが分かった。

この手法を応用することによって都市域における住民の騒音暴露人口の正確な算出、都市計画上的の幹線道路配置に騒音の影響を考慮することなども可能となると考えられる。今後は道路交通騒音以外の騒音源である商業、工業活動などに伴う騒音の影響などを考慮する方法、地域ごとの遮へい係数の実測による検討などが必要と考えられる。最後に、環境騒音測定結果を提供していただいた札幌市役所衛生局公害部の関係各位に深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) E.A.G.Shaw and N.Olson:Theory of steady state urban noise for an ideal homogeneous city J.Acoust.Soc.Am.vol.51,No.6(1972)1781-1793.
- 2) 高木興一、他：“環境騒音の把握方法に関する考察”、日本音響学会講演論文集昭和55年(1980) 373-374.
- 3) 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)”、日本音響学会誌31巻(1975) 507-517.