

暗騒音を考慮した道路沿道騒音の 簡易予測手法に関する研究

A Study on the Method of Ambient Noise Prediction
Including Background Noise

西村 昂^一・日野泰雄^二・西村良次^三

By Takashi NISHIMURA, Yasuo HINO and Yoshitsugu NISHIMURA

This paper proposes a simple method for noise prediction near road area by compounding traffic noise and background noise. Here some methods of estimating background noise level have been attempted.

As the result of this study, it has been shown that the prediction is improved and this model is considerably practical.

1. まえがき

現在我国では道路沿道の騒音予測に際して日本音響学会式を用いるのが一般的である。これは個々の点音源（車）がある一定距離をおいて走行するという仮定に基づく理論式であり、しかも適用地点の地形的状態を考慮することも可能となっている。したがって実際の適用例を見てもその予測精度はかなり高い。しかしながら学会式で表される道路沿道騒音の値は自動車交通を主音源とするものに限られ、その他の音源からの騒音（一般に暗騒音と呼ばれる）がほとんど考慮されていない。

そこで本研究ではまず、暗騒音の捉え方を現有の騒音測定値を基に検討し、その実態を分析するとともにこれを組み込んだ騒音予測モデルを提案することを目的とした。なお、本研究で用いた騒音データは京都、大阪、兵庫の3府県のデータ（環境庁データ）¹⁾と大阪市の環境騒音調査²⁾及びその他本研究で行なった実調査データである。

2. 暗騒音の捉え方とその予測

(1) 暗騒音の考え方

暗騒音とは前述のように対象騒音である通過交通量がない場合の騒音ということになる。そのために本研究では次の2通りの考え方によって検討することとした。

① 交通量関係の要因（主音源となる要因）の影響の線形和によって騒音を表現する（重回帰分析による）と、その結果残差については交通量関係の要因では説明されない部分を表すものと考えられる。

*キーワード：交通公害、環境計画

**正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科

***正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部土木工学科

****正会員 工修 京都市交通局

そこで沿道暗騒音に関連すると思われるいくつかの要因（交通量関係は除く）を用いた数量化Ⅰ類分析によってこの残差を説明することとした。この関係は式(1)に表わす通りであり、ここで $X_1=0$, $X_2=0$, $\dots\dots X_n=0$ （ n は交通量関係の要因の数）とした時の騒音値を暗騒音を加味した場合の修正値と考える。

つまり交通量がない場合、測定地点の距離や車線数は物理的にみて考慮する必要のないものであるからゼロとするものである。

$$L_{50} = aX_1 + bX_2 + \dots + nX_n + C + \delta \quad (1)$$

ここに $X_1, \dots\dots X_n$: 交通量関係の要因

$a, \dots\dots n$: 重回帰分析より得られる
回帰係数

C : 定数項（仮の暗騒音値）

δ : 残差

以上の式中の δ を用途地域別、時間帯別など線形データとしては取り扱えないもので要因分析し、モデルに加える。

② 文字通り通過交通量がない場合のデータを抽出し、このときの値を暗騒音として、これを種々の要因で数量化Ⅰ類分析によって説明することとした。

以上の2方法以外にも次のような方法が考えられる。すなわち L_{95} の様な低い騒音レベル値を暗騒音と考え、それを種々の要因で説明しようとするものである。表-1は3府県のデータの L_{95} に対する数量化Ⅰ類分析の結果を示すものであり、かなり高い相関となっているが、その設定が L_{95} で良いのか等、さらに検討する必要があるといえる。

(2) 暗騒音の分析

(1) で示したそれぞれの考え方にしたがって、ここでは具体的なデータを用いて、暗騒音予測値を分析する。

(a) ①の考え方に基づく分析

本分析では十分なサンプル数が得られるということで、環境庁及び大阪市のデータを用いることとした。表-2(a), (b)には重回帰分析によって騒音レベルを交通関連要因で説明した結果を、表-3(a), (b)にはその結果より求めた推定値と実測値との残差をその他の要因で数量化Ⅰ類によって分析した結

表-1. 数量化Ⅰ類による騒音(L_{95})の分析結果

アイテム	カテゴリー		サンプル数	スコア	レンジ	偏相関係数
用途地域	1	住居専用地域	448	-2.680	4.569 (3)	0.212 (4)
	2	住居地域	3572	-0.194		
	3	商業地域・準工業地域	1796	0.819		
	4	工業地域	196	1.909		
車線数	1	1〜2車線	3944	-1.296	7.770 (2)	0.411 (2)
	2	3〜4車線	1412	1.796		
	3	5〜6車線	288	5.108		
	4	7車線以上	168	6.474		
路肩からの距離	1	0m以上2.5m未満	3884	0.414	2.797 (5)	0.161 (5)
	2	2.5m〜 5.0m	884	-0.410		
	3	5.0m〜 10.0m	552	-0.700		
	4	10.0m〜 15.0m	124	-2.114		
	5	15.0m〜	268	-2.383		
交通量/車線 (台/時・車線)	1	0以上50未満	443	-6.697	13.059 (1)	0.613 (1)
	2	50〜 100	609	-5.349		
	3	100〜 150	523	-3.308		
	4	150〜 200	584	-2.049		
	5	200〜 250	485	-1.179		
	6	250〜 300	430	-0.411		
	7	300〜 350	444	0.836		
	8	350〜 400	364	1.901		
	9	400〜 500	540	2.658		
	10	500〜 600	471	4.133		
	11	600〜 700	379	5.498		
	12	700〜	530	6.362		
道路種別	1	高速自動車国道	304	-0.670	1.201 (6)	0.057 (6)
	2	一般国道	1960	0.133		
	3	都道府県道	2300	-0.078		
	4	指定都市市道	872	0.178		
	5	一般市道	176	-0.829		
	6	町道	200	0.372		
時間帯	1	朝	1453	0.385	3.051 (4)	0.218 (3)
	2	昼	1453	1.412		
	3	夕	1453	-0.138		
	4	夜	1453	-1.839		
重相関係数 0.788			定数項 51.204 dB			

表-2. 交通関係による騒音の重回帰分析結果

(a) 環境庁データ

	L_{50}		
	回帰係数	標準化回帰係数	偏相関係数
交通量/車線(台/時)	0.022	0.662	0.583
車線数	1.222	0.223	0.300
距離からの距離(m)	-0.190	-0.224	0.305
定数項	50.636		
重相関係数	0.735		
決定係数	0.541		
自由度調整 R^2	0.541		

(b) 大阪市データ

	L_{50}		
	回帰係数	標準化回帰係数	偏相関係数
交通量/車線(台/時)	0.029	0.579	0.569
車線数	0.631	0.075	0.089
定数項	49.486		
重相関係数	0.807		
決定係数	0.368		
自由度調整 R^2	0.367		

果を示す。なお、これらは当然のことながら1つの騒音予測モデルと考えられるがその予測精度（再現性）は図-1, 2に示す様に高くなっている。

この方法では分析データの分布状況（データの集合）から考えて必ずしも暗騒音そのものを説明するものではないが、暗騒音を包含した形での騒音を予測することが可能であるといえる。この分析結果に交通量=0の条件を与えたときの値を暗騒音と仮定すれば、その値はおおよそ $50 + \alpha$ （ α は他の要因によって多少異なる）で表されることになる。たとえば、静穏な大阪市住居地域一般市道での夜間の値は $49.486 + (-0.497) + (-3.745) + (-4.545) = 41.199$ dBとなる。

表-3. 重回帰式からの残差の数量化Ⅰ類分析結果

(a) 環境庁データ

アイテム	カテゴリー	サンプル数	スコア	レンジ	偏相関係数
用途地域	1 住居専用地域	448	-2.719	3.583 (2)	0.155 (3)
	2 住居兼商業地域	3372	-0.021		
	3 商業・準工業地域	1796	0.544		
	4 工業地域	196	0.884		
道路種別	1 高速道路	304	-4.450	5.777 (1)	0.280 (1)
	2 一般国道	1960	1.327		
	3 都道府県道	2300	0.324		
	4 指定市道	872	-0.755		
	5 一般市道	176	-3.122		
	6 町道	200	-3.928		
昼夜	1 朝	1453	0.802	3.426 (3)	0.250 (2)
	2 昼	1453	1.207		
	3 夕	1453	0.210		
	4 夜	1453	-2.219		
定数項			0.0	dB	
重相関係数			0.4206	決定係数	

(b) 大阪市データ

アイテム	カテゴリー	サンプル数	スコア	レンジ	偏相関係数
用途地域	1 住居専用地域	130	-1.556	2.875 (3)	0.210 (3)
	2 住居地域	389	-0.497		
	3 商業地域	173	-1.172		
	4 準工業地域	198	0.387		
	5 工業地域	73	0.578		
	6 工業専用地域	56	1.319		
騒音状況	1 交通騒音が主	243	-0.539	7.306 (1)	0.468 (2)
	2 閑静な住宅街が主	209	0.691		
	3 工場騒音が主	210	3.562		
	4 生活騒音が主	246	-1.406		
	5 静穏	111	-3.745		
昼夜	1 昼	715	1.932	6.477 (2)	0.599 (1)
	2 夜	304	-4.545		
定数項			0.0	dB	
重相関係数			0.7217	決定係数	

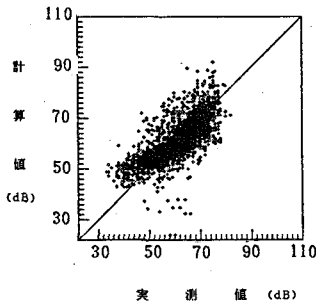


図-1. モデルの精度 (環境庁データ)

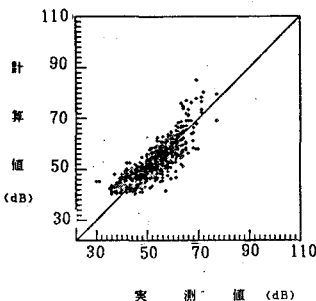


図-2. モデルの精度 (大阪市データ)

(b) ②の考え方に基づく分析

測定対象時間に通過交通量がないようなデータを幹線道路で得ることはかなり難しい。したがって本

分析では街路での騒音測定データを用いることとした。このような条件に該当するデータを大阪市の調査データより抽出したところ 163サンプルと (a)の方法に比べてかなり少ないデータとなったが、用途地域、時間帯、車線数などの各要因のカテゴリーに対して偏りがないことから、数量化Ⅰ類によって分析を行った。その結果を表-4に示すが重相関係数は 0.779、平均推計絶対誤差 3.230、RMS 誤差は 4.158と実測値の比較からも精度の高いことが認められた (図-3)。この方法で得られた暗騒音値はおおよそ $47 + \alpha$ (α は他の要因によって多少異なる) と表され、(A)と同様の条件下での値は $47.203 + (-0.332) + (-1.568) + (-4.469) - 1.395 = 42.229 \text{ dB}$ となる。

(C) 2通りの考え方による結果の比較

上述の考え方には、いずれも多少の問題はあるが、ここではこの両者を用いて推定した値と実測値を比較することでこれらの精度を検討しておく。ただしここで言う実測値とはあくまでも測定時間に交通量のない状態での騒音値である。表-1にその結果を示すが、これを見る限り、②の方法で作成したものの精度が高く、これを暗騒音予測に用いるのがよいと思われる。

表-4. 交通の影響がない地点の数量化Ⅰ類分析結果

アイテム		カテゴリー	サンプル数	スコア	レンジ	相関係数
用途地域	1	住居専用地域	27	-2.463	4.349 (3)	0.304 (3)
	2	住居兼商業地域	80	-0.332		
	3	商業・準工業地域	40	1.896		
	4	工業地域	16	1.103		
騒音状況	1	工場騒音が主	32	5.191	6.759 (2)	0.492 (2)
	2	生活騒音が主	86	-1.111		
	3	静穏	45	-1.568		
昼夜	1	昼	90	3.625	8.095 (1)	0.683 (1)
	2	夜	73	-4.469		
車線数	1	車線なし	29	-0.531	1.325 (4)	0.160 (4)
	2	1車線	100	-0.321		
	3	2車線以上	34	1.325		
定数項				47.203	dB	
重相関係数				0.7791	決定係数	
					0.6070	

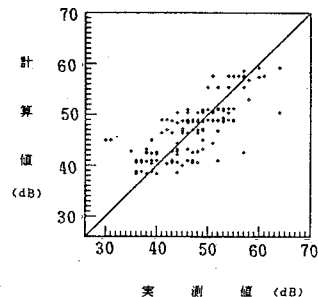


図-3. 表-3の暗騒音予測モデルとしての精度

表一五．各暗騒音予測モデルの精度

精度指標	環境庁データ ①の方法	大阪市データ ①の方法	大阪市データ ②の方法
平均推計絶対誤差	4.387	3.550	3.230
RMS 誤差	5.163	4.552	4.158
平均誤差率	9.647	7.914	7.126
重相関係数	0.572	0.717	0.779
検証サンプル数	22	222	163

3. 暗騒音を考慮した騒音の予測

2. では暗騒音の予測について述べたが、交通が存在する地点の騒音予測を暗騒音を考慮した上で行なうには以下の2通りの方法が考えられる。

(Ⅰ) 要因分析による簡易予測モデルを使用する。

(Ⅱ) 交通騒音と暗騒音を分けて予測し合成した値を騒音予測値とする。

(Ⅰ)の方法は騒音実測値をモデルの作成にあてた経験式であり、暗騒音を経験式中に包含したものと考えられる。表一六は数量化Ⅰ類による分析結果例であり、重相関係数も高くなっているがこのような経験式によるモデルはその予測に大きな影響を及ぼすような範囲外の情報(たとえば防音壁があるか否か)には対応することができず、その適用範囲にはデータが充足されない限り限界があるといえる。

それに対し、(Ⅱ)の方法は防音壁がある場合などの交通騒音の伝播については音響学会式で考慮できるため、この方法を適用する方がよいと考えられる。以下では暗騒音予測の所で作成した②の方法による暗騒音予測モデルを適用し、(Ⅱ)の方法についてその具体的な考え方を述べることにする。

騒音の環境影響評価においては工場や人の生活による騒音(工場騒音, 生活騒音)などの考慮が必要である。これらの騒音は一般に対象騒音である交通騒音とは異なるもので、それらをまとめて暗騒音と称している。このモデルはその付近全体に見込まれるものと考えられ、一方交通騒音は道路上の各点音源から伝搬する騒音と考えられる。したがって測定地点で予測される暗騒音と交通による騒音の合成を行なえば、その地点での予測値はかなり実際に近いものになると推測される。

表一六．数量化Ⅰ類による騒音(L_{50})の簡易予測モデル

アイテム	カテゴリー		サンプル数	スコア	レンジ	相関係数
用途地域	1	住宅専用地域	448	-2.481	3.420 (5)	0.181 (8)
	2	住居地域	3572	-0.063		
	3	商業地域・準工業地域	1796	0.635		
	4	工業地域	196	0.939		
車線数	1	1～2車線	3944	-1.232	6.159 (3)	0.387 (2)
	2	3～4車線	1412	1.996		
	3	5～6車線	288	4.219		
	4	7車線以上	188	6.927		
路肩からの距離	1	0m以上2.5m未満	3984	0.864	6.163 (2)	0.305 (3)
	2	2.5m～ 5.0m	884	-0.035		
	3	5.0m～ 10.0m	552	-1.476		
	4	10.0m～ 15.0m	124	-2.617		
	5	15.0m～	268	-5.499		
交通量/車線 (台/時・車線)	1	0以上50未満	443	-12.081	19.037 (1)	0.787 (1)
	2	50～ 100	609	-8.411		
	3	100～ 150	523	-4.256		
	4	150～ 200	584	-1.984		
	5	200～ 250	495	-0.279		
	6	250～ 300	430	0.521		
	7	300～ 350	444	2.418		
	8	350～ 400	364	3.848		
	9	400～ 500	540	4.576		
	10	500～ 600	471	5.657		
	11	600～ 700	379	6.532		
	12	700～	530	6.956		
道路種別	1	高速自動車国道	304	-4.596	5.645 (4)	0.289 (4)
	2	一般国道	1960	1.049		
	3	都道府県道	2300	0.104		
	4	指定市道	872	-0.150		
	5	一般市道	176	-3.050		
	6	町道	200	-1.157		
時間帯	1	朝	1453	0.606	2.658 (6)	0.211 (5)
	2	夕	1453	1.133		
	3	夜	1453	-0.214		
	4	夜	1453	-1.525		
重相関係数 0.867			定数項 60.828	dB		

その合成式は式(2)のように表される。³⁾

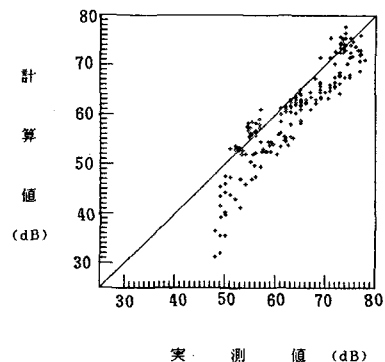
$$L_{50} = 101 + \log(10^{\frac{L_{50}}{10}} + 10^{\frac{L'_{50}}{10}}) \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここに L_{50} : 暗騒音, 交通騒音の予測値を合成した値

L'_{50} : 音響学会式による交通騒音予測値

L'_{50} : 暗騒音予測モデルによる暗騒音予測値(②のモデルを適用)

図一四は本研究で新たに大阪府下の幹線道路沿道で調査を行なった実測値と音響学会式の予測値と対比したものである。これより予測式として種々の地域をカバーした精度の高いものであることがわかる。



図一四．騒音の実測値と音響学会式の予測値の関係

しかし騒音レベルの低いところでは予測値の方が低めにでている。これらの値は交通量が少ない地点で測定を行なったものである。つまり、音響学会式は交通量の多いところではその適用に問題はないが交通量が少なくなると交通騒音以外の影響を考慮することが必要になると考えられる。

その問題に対処するため、暗騒音予測モデルと音響学会式の各予測値の合成を行なった。この実測値と予測値の状態の変化を示したものが図-5である。これより低いレベルでの適合性が良くなっていることがわかる。これは交通量の少ないところでは交通以外の騒音（暗騒音）による影響が大きいため、レベルの低いところでの精度が改良されている。

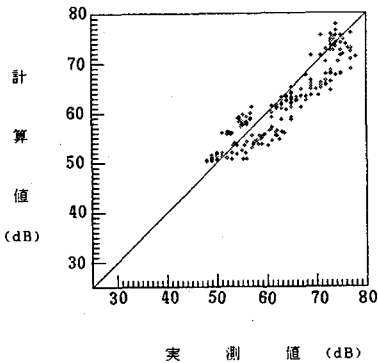


図-5. 騒音実測値と暗騒音合成後の予測値の関係

またその予測状況を詳しく調べるために各地点また全体について交通量に関連づけて合成前と合成後の精度を検証した。表-7は地点別、全体の予測値の合成前と合成後の精度の変化とその地点の交通量を表したものである。これより交通量の少ないところでその精度は向上していることがわかる。ただ泉南では合成による精度の低下が見られる。ここは盛土で防音壁があり、その後方で測定をおこなったもので、他の道路沿道での調査とかなり違った測定状況にある。したがってここでは障壁による減音効果、盛土の影響を考慮して予測値を求め、合成をおこなったものである。現時点では特殊な道路状況下の予測について精度の向上があるかどうかは断定できない。しかし一般の沿道でみた場合の精度は高く、一般性をもつものといえよう。

表-8に以上で作成したモデルの各精度を示す。これより音響学会式と暗騒音の合成式の精度が高く、このモデルの適用が一番良いものと考えられる。ただし簡易に予測値を知りたい場合には簡易モデルを使用してもよいといえる。いずれもその使用にあたっては各モデルの利点を生かした使い方をすべきといえよう。

表-8. 各騒音予測モデルの精度比較

	音響学会式	モデル 1	モデル 2
平均推計絶対誤差	3.982	3.185	3.138
RMS 誤差	5.071	3.757	4.165
平均誤差率	6.564	5.030	5.397
重相関係数	0.858	0.903	0.867
検証サンプル数	190	190	5812

表-7. 各測定地点の合成前、合成後の精度変化と平均時間交通量

調査地点	平均推計絶対誤差		RMS 誤差		平均誤差率		重相関係数		平均時間交通量 (標準偏差)
	合成前	合成後	合成前	合成後	合成前	合成後	合成前	合成後	
岸和田市	1.565	1.580	1.951	1.964	2.139	2.159	0.338	0.334	4206.0 (968.605)
八尾市	3.865	3.710	4.464	4.311	5.249	5.002	0.701	0.709	2302.8 (908.814)
美原町	4.939	3.053	6.044	3.700	8.336	4.659	0.804	0.921	1243.2 (808.337)
泉北	5.493	4.230	5.892	4.683	9.270	7.084	0.316	0.402	505.7 (127.137)
泉南	1.290	3.255	1.659	3.379	2.368	6.020	0.670	0.371	2487.2 (189.912)
全体	3.982	3.185	5.071	3.757	6.564	5.030	0.858	0.903	1746.6 (1273.770)

4. まとめ

本研究では暗騒音予測モデルを作成し、その騒音レベルがかなりの精度で予測できることを示した。また暗騒音予測モデルを音響学会式に合成した場合、交通量が少ない地点では暗騒音の影響が大きくなり、それらの合成によって、騒音予測の精度が向上することが確かめられた。従って交通量の少ない地点で騒音予測を行なう場合は暗騒音を考慮した予測モデルを用いた方が精度の高い予測が期待できるものといえる。

5. 今後の課題

暗騒音予測については高い精度の暗騒音予測モデルが得られたため、今回のモデルでも十分その役割を果たすものと思うが、さらにデータが充足されれば時間帯等をさらに細かく分割し要因とするなど、そのモデル精度の向上を目指すことが必要といえる。

また暗騒音予測モデルと音響学会式を合わせた形の騒音予測モデルについては道路沿道では高い精度が得られたが、さらに一般性の高いモデルとするには種々な状況下のデータを集めて、本モデルを確認することが必要といえる。

最後に本研究の基礎となるデータの収集にあたって協力いただいた土木研究所道路部長の足立義雄氏、並びに大阪市環境保健局環境部規制第2課の松永一樹氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 環境庁大気保全局自動車公害課監修：道路周辺の交通騒音状況，1980～1984年
- 2) 大阪市環境保健局環境部：環境騒音調査，1977，1979～1984年
- 3) 金安公造，金泉 昭：新版 交通公害，pp53～189
1976年10月