

東京大学 正 内山又雄

東京大学 学 松江昭夫

1. はじめに

道路を供用することによって生ずる騒音の影響を事前に予測するに際しては、そこを走行する自動車の交通量や速度、車種構成を予測し、さらにそれより発生し伝播する騒音レベルを予測するという2段階の予測が必要となる。後者の予測は物理的モデルを用いて行なわれるのに対し、前者は社会経済的モデルに基づいて予測される。このように騒音の影響予測は複数の段階の予測を必要とし、しかも個々の予測モデルはある仮定条件のもとに構築せられたものであって、単純な物理現象のように高い精度で予測されることは期待し難い。現実の環境問題の議論においてはこのような予測の不確かさを忘れて、個々に表われた数値について規則規準値等との適合性に固執した議論にあちることが多い。そのため本研究ではこのような複数の予測過程を経て予測される騒音レベルがどの程度の精度を有しているかを見い出るとともに、所要の精度を得るためには各予測段階での予測の精度をどの程度で求めるべきかを検討する。

2. 誤差分析の方法

予測モデルによってある指標を求める場合、そこに生ずる誤差は次のいずれかに帰因するものである。

- (i) モデルの仮定条件の非現実性や、モデルにとり込まれたパラメータ不足による誤差
- (ii) 統計的推定により求められたモデル定数のもつ推定精度に帰因する誤差
- (iii) モデルのパラメータの測定誤差に基づく誤差

ここでモデル定数とは実験や実験結果に基づいて作成された実験式の係数や定数を意味し、モデルのパラメータとは直接測定されることもあるしまた他のモデルにより計算されて得られるものもある。

予測結果のもつ誤差はこれらの誤差が集積した結果として表現されるが、本研究では以下の手順に従ってこれを分析することにする。

まずはじめに現在広く用いられている一車線等間隔等パワーモデルに基づく騒音レベル中央値の推定誤差がどの程度であるのかを、道路交通騒音調査資料に基づいて見い出し、次いでこのモデルの中で実験式として用いられているパワーレベルの推定誤差がどの程度であるかを走行実験資料に基づいて見い出す。さらにこのモデルのパラメータである交通量、速度、車種構成が実際にどの程度の精度をもって予測されているのかを我国の高速国道における予測値と実績値とから見い出す。これら個々の誤差の集積した全体の誤差をシミュレーションを用いて求め、得られた結果から騒音レベル予測の信頼限界を見い出す。そしてこれらを通じて全体の精度に対してどの予測がどの程度の正確さで行なわれなければならないかを検討する。

3. 一車線等間隔等パワーモデルとその推定精度

一車線等間隔等パワーモデルとは無限長の直線上をパワーの等しい自動車が等間隔で走行していると仮定したモデルで日本音響学会が以下のように提案したものである。

$$L_{50} = L_w - 8 - 20 \log_{10} l + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{Q}{4} \tan^2 \pi \frac{Q}{4} \right) + \alpha \dots \dots \dots (1)$$

ここに L_{50} ; 騒音レベルの中央値 [dB(A)], L_w ; パワーレベル [dB(A)], l ; 車線から受音点までの距離 [m], Q ; 平均車頭間隔 = $1000V/Q$ [m], Q ; 交通量 [台/h], V ; 速度 [km/h], α ; 補正値

また車種構成が2分類の場合パワーレベル L_w は (2) 式で示される。

$$L_w = 0.2V + 87.0 + 10 \log_{10} (a_1 + 10a_2) \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 a_2 ; 大型車類混入率, a_1 ; 小型車類混入率, $a_1 + a_2 = 1$

このモデルによる推定値と実測値との差を道路中央からの

表-1. 推定値と実測値の差

道路中央からの距離(m)	誤差平均 [dB(A)]	誤差分散 [dB(A)] ²	資料数 (個)
4.5	2.7	(4.9) ²	369
5.0	2.5	(3.6) ²	251
9.0	1.6	(4.0) ²	176
10.0	1.1	(4.4) ²	105
11.0	3.4	(3.4) ²	137
15.0	3.0	(4.7) ²	48
20.0	8.7	(5.7) ²	35

距離別に整理すると表-1に示すようになる。なお用いた資料は昭和47年度から51年度の道路交通騒音資料であり、表中の誤差とは推定値と実測値の差を示している。この中でパワーレベルの推定式のもつ誤差を明確にするためには実測資料の詳細が必要であるがこれについて統一的にまとめられたものが無い。そのためここでは表-2に示される渡辺らの走行実験結果に基づいてこれを検討することにする。なお渡辺らは小型車類と中騒音車、低騒音車に分けて結果をまとめているが、ここではその2つを統計的に合成している。車種別のパワーレベルをエネルギー変換し、車種構成比率により重みづけされたエネルギーを対数変換することによって得られる平均パワーレベルは、表-2の結果より(3)式で示される誤差分散 σ_{pwl}^2 を持つことにはなる。

表-2 車種別パワーレベルの推定式

	比重	切比	相関係数	誤差分散	サンプル数
大型車類	0.16	99.8	0.395	(3.3) ²	491
小型車類	0.18	87.2	0.538	(2.7) ²	1744

$$\sigma_{pwl}^2 = (a_1(a_1+10a_2))^2 (2.7)^2 + (10a_2(a_1+10a_2))^2 (3.3)^2 \quad (3)$$

したがってパワーレベルの推定部分と距離減衰の推定部分とから成り立っている(1)式の誤差分散を σ^2 とすれば、物理的に構築された距離減衰推定部分の誤差分散 σ_d^2 は(4)式のように示される。

$$\sigma_d^2 = \sigma^2 - \sigma_{pwl}^2 \quad (4)$$

4. 交通状況予測の誤差とそれに基づく騒音レベルの誤差

交通状況の予測値が実測値とどの

表-3 交通状況予測の誤差

程度	予測年次	全日同平均予測値			全日同平均実測値			誤差分散		
		交通量	速度	大型車混入率	交通量	速度	大型車混入率	交通量	速度	大型車混入率
東名	40年→44年	1,440	80	42.3	2,170	82.3	29.9	(282) ²	(1.9) ²	(3.5) ²
	46年→50年	3,600	80	40.3	2,740	82.3	57.5	(450) ²	(1.9) ²	(4.3) ²
東北	46年→50年	1,512	73	37.0	1,074	—	30.5	(372) ²	(1.0) ²	(3.9) ²

これらのパラメータの誤差分散が

推定騒音レベルにどの程度の誤差をもたらしうるかを見い出すためには、一般に誤差伝播式が用いられようが、(1)式が非線形であること及びパラメータの誤差分散が相対的に小さくないことより、ここではシミュレーションを用いることにする。この結果推定騒音レベルの中央値は表-4に示されるよう誤差分散を持つことにはなる。

表-4. 推定騒音レベルの誤差

	予測年次	誤差平均 [dB(A)]	誤差分散 [dB(A)] ²
東名	40年→44年	-0.2	(1.9) ²
	46年→50年	0.0	(1.5) ²
東北	46年→50年	-0.3	(2.1) ²

5. 騒音レベル推定の信頼限界

騒音レベル推定のための代表的なモデルである(1)式による推定精度は表-1より標準偏差で4~5dB(A)程度である。このうちパワーレベルの推定精度が約3dB(A) (標準偏差)であることを考えると(4)式により、(1)式の距離減衰推定部分の推定精度は約3~4dB(A) (標準偏差)となる。またモデルパラメータの予測精度が表-3程度であれば騒音レベルの推定精度は表-4よりおよそ2dB(A)程度となる。したがってこれらの誤差が累積されて得られる全体の誤差は標準偏差で5~6dB(A)弱となり95%の信頼限界(1.96σ)をとると10~11dB(A)となる。また種々のシミュレーションの結果、速度、交通量、大型車混入率の順に騒音レベルの推定精度に影響を及ぼすことを見い出せるが、表-3の誤差の倍の予測精度であっても騒音レベルの推定精度は標準偏差で4dB(A)弱であり、精度向上のためには騒音レベル推定式自身について考慮する必要がある。

【参考文献(1)】 渡辺、野田、姫野、宮本ら：自動車走行時における騒音のパワーレベル；日本音響学会誌 32巻 3号 p56~60 (1976)