

九州工業大学 正会員 〇 渡辺義則
 “ 学生員 師井 努

1. まえがき 道路交通騒音の予測には等間隔モデルなどの数学的モデルがよく利用されるが、次のような検討の余地が残されている。①対象道路の車頭間隔が特定の確率分布に従う必要があり、交通信号などの影響を受ける時や車群を構成して走行する時の道路交通流には適用できない。必然的に、交通信号を系統的に制御して騒音減を計るなどの交通運用の方面からの対策を机上で検討できない。緩やかな制約条件のモデルが望まれる。②対象道路区間内の音源と受音点間の音の伝播特性を適確に推定してモデルに組み込んでいない。伝播特性は道路構造や道路周辺の環境で異なるが、これを適確に把握できるか否かは予測精度に重大な影響を及ぼす。交通を妨害せず、騒音の時期に、騒音の道路区間の伝播特性を把握可能にし、併せて、その結果をモデルに直接反映できる計算手法の開発が望まれる。ここでは以上の2つの要件を具備する予測計算モデルを開発し、確立するためにまず①の要件に力点を置いて若干の検討を行ったので報告する。

2. 予測計算モデルの構造 前提条件：①対象道路の線形及び構造条件は受音点から車線の中央線に下した車線に関して対称②車輪は車線変更、追い越しをせず、一定の速度で定常走行③縦断勾配は無視可能④車輪は点音源と仮定。モデルは線形系の場合に関する諸性質を利用したもので、基本的な考え方は既に報告した(以後、線形モデルと仮称)。ここでは推定精度の検討で利用する線形モデルを示す。線形系では式①が成立する。 $y(t)$ は入力、 t は時間、 $z(t)$ は出力、 $g(t)$ は $y(t)$ に対する荷重関数である。いま、 $z(t)$ を車線の中央線上を移動する多数の音源によって時間 t に受音点に生じる音の強さに、 $y(t)$ を音源の音響出力の時間変化率に対応させる(式②)。式②で W は乗用車1台当りの音響出力、 V は平均速度(km/h)、 $x(t)$ は単位時間当りの換算車輪台数(台秒)。音が幾何学的に減衰する場合には荷重関数は式③で表わされる。 d は音源と受音点の最短距離。いま、式②、③を式①に代入して、フーリエ変換すれば式④となる。 f は周波数。最後に $z(f)$ を逆フーリエ変換して受音点における音の強さの時間変動を求め、それを騒音レベルに換算する。

$$z(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) y(t-\lambda) d\lambda \quad \dots ① \quad y(t) = W x(t) = 10^{-12} \times 10^{(0.2V+85)/10} \times x(t) \quad \dots ②$$

$$g(t) = 1/[2\pi d^2 \{1 + (Vt/(3.6d))^2\}] \quad \dots ③ \quad z(f) = \frac{W x(f)}{2d(V/3.6)} \exp\left\{-\frac{\pi d |f|}{(V/3.6)}\right\} \quad \dots ④$$

3. 線形モデルの推定精度の検討 推定精度の検討は線形モデルの予測計算値と実測値を比較するのが最も厳密であるが、本章では次の理由でモンテカルロ法を利用したシミュレーションの計算値と比較した。①現時点では対象道路区間の音の伝播特性を適確に把握できない。従って、ここでは伝播特性が既知の場合の線形モデルの予測精度の検討を行う。②シミュレーションでは推定精度に影響する要因を幅広く変えて検討可能である。

3.1 モンテカルロ法によるシミュレーション

2.の前提条件のもとで、できるだけ現実に近いモデルを考える。①車頭間隔の確率分布：指数分布モデルの適用条件は交通量1000 V.P.H.以下、同じく等間隔モデルは1000 V.P.H.以上である。従って、ここでは車頭間隔は交通量1000 V.P.H.以下では指数分布、同1000 V.P.H.以上では位相のアーラン分布に従うと考えた。②音響出力の確率分布： $N(\mu_0, \sigma_p^2)$ に従う³⁾と考える。ただし
 $\mu_0 = 0.2V + K$ K : 大型車97, 小型貨物90, 乗用車85 $\dots ⑤$ $\sigma_p^2 = (0.2\sigma_v)^2 + \sigma_p^2 \dots ⑥$
 式⑥で σ_v^2 は車輪速度 V の分散、 σ_p^2 は速度に無関係な音響出力の変動(分散)。車輪によって音響出力は異なる(式⑤)ので各車種の混入率(大型車 A_1 , 小型貨物 A_2 , 乗用車 A_3 , 但し $A_1 + A_2 + A_3 = 1$)を与える。③計算区間：受音点の騒音レベルは片側 S_{cm} の区間内の車輛からの合成音と考える。式④で B は受音点から車線に下した車線と車線の交点から最も近い車輛までの距離(m)。以上、車頭間隔は指数またはアーラン型乱数、音響出力

は正規乱数，車種決定は一様乱数を発生させて所定の時間T秒の騒音レベルを計算した。

$$S = \sqrt{79.4 B^2 + 78.4 d^2} \quad \dots (7)$$

3.2 各種要因の変化と推定精度 精度の指標

として①線形モデルとシミュレーションモデルの同時刻の騒音レベルの瞬時値の差に関する平均値 $\bar{x}$ 及び標準偏差 σ_x ②L50, Legなどの各種統計量に関する両モデル間の差を用いた。図-1, 2に交通量1000 V.P.H.以下の場合の結果を示す。図中(a), (b)は単一車種で音響出力の変動がない場合の結果であり，車輛位置の近似に起因する誤差である。平均車頭間隔 $\bar{d}$ が異なっても $\bar{x}$, σ_x に差はないが，荷重関数の減衰形状の指標 $P (= \bar{v}/d)$ 及び時間 T によって $\bar{x}$, σ_x は変化する。 P や T が大きくなる程， $\bar{x}$, σ_x が大きくなり推定精度が低下する。このことは，荷重関数の減衰形状が同一ならば， T が短い程車輛位置が正確に把握できるので誤差は減少し，また，減衰形状が急峻ならば車輛位置の少しのずれでも誤差は大きいという直感的事実と一致する。また， $\bar{x}$ が負であるので車輛位置の近似に起因する誤差によって線形モデルの計算値はシミュレーションモデルより大きい傾向にある。図中(c)は混合車種で音響出力の変動がない場合の結果である。車種が混合することによって誤差の増大は極めて小さい。図中(d), (e)は単一車種で P を変化させて音響出力を変動させた場合の結果である。音響出力の変動が大きくなる程 $\bar{x}$ の値は大きくなり推定精度が低下する。また， P の値が小さいと音響出力の変動が，大きいと車輛位置の近似が推定精度に影響を及ぼす主要因である。先程とは異なり，音響出力の変動が大きくなるほど線形モデルの計算値はシミュレーションモデルより小さい傾向にある。図中(f), (g)* はいずれの車種の音響出力の変動が推定精度に影響するを示す。大型車の音響出力の変動 C_1 に比例して推定精度は低下し，他車種のそれはあまり影響しない。従って，大型車の音響出力も正確に推定すれば精度の向上が期待できる。ひおL50, Legなどの統計量並びに交通量1000 V.P.H.以上について検討結果は割愛しているが，これは研究発表会当日に報告する予定である。

* 図中，□は $C_1=1.4$ ，○は $C_1=2.8$ ，●は $C_1=4.2$ の群をあらわす

1) 渡辺 他：道路交通騒音の予測に関する一考察，第33回土木学会年次学術講演要集Ⅱ P223~224

2) 渡辺 他：道路交通騒音の伝播特性推定方法に関する一考察，第34回土木学会年次学術講演要集Ⅱ P178~179

3) 渡辺 他：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22巻3号，P156~160, 1975

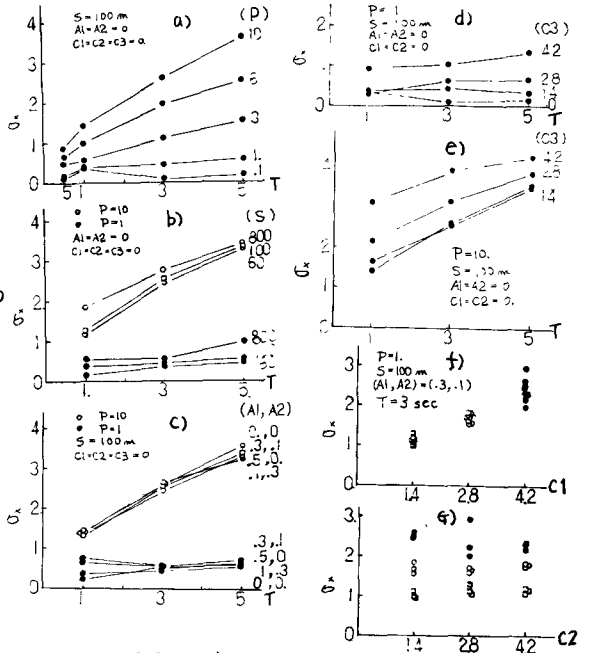


図1 各種要因の変化と推定精度 σ_x (C_1, C_2, C_3 : 大型, 小貨, 乗用車の音響出力の分散)

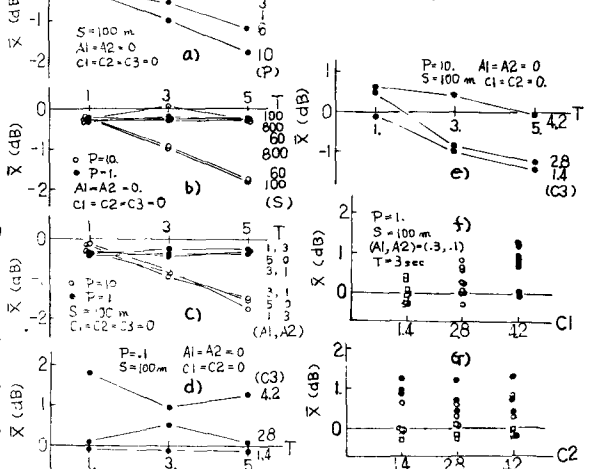


図2 各種要因の変化と推定精度 $\bar{x}$