

# 等価騒音レベルによる交通騒音 予測手法の検討—第二報—

—発進区間における騒音レベル算出についての一考察—

末岡伸一 今泉信夫

## 1 はじめに

1983年3月のJIS Z 8731 (騒音レベル測定方法)の改訂に伴い、等価騒音レベル( $L_{eq}$ )が採用された。これにより、 $L_{eq}$ などのエネルギー評価量による測定・評価・予測が今後ますます重要になってくる。筆者らはこの $L_{eq}$ を利用して自動車交通騒音を予測するため、一連の検討を行っており、前報<sup>1)</sup>においてその算出手法とプログラム化について報告した。そこでは各道路をセグメントとして定義し、等速・等パワーの定常な交通流を前提として、道路セグメントの見込み角で積分することにより、 $L_{eq}$ などのエネルギー量が算出できることを明らかにした。

しかし、一般の道路においては、等速・等パワーと見なせない道路セグメントも多く、これらの非定常な道路セグメントからの騒音レベルも含めて、受音点におけるエネルギー量を計算しなければならない。そのため、これら特別なセグメントについては、それぞれサブプログラムを作成して前報のシステムに組み込む必要がある。

この特別なセグメントのうち、自動車が発進・停止をくり返す交差点区間は、特異な騒音態様とその数の多さにより市街地では重要な課題である。この交差点のモデル化については若干の例<sup>2)</sup>もあるが、統一された手法とはなっていない。

今回、筆者らは交差点のモデル検討の前段として、発進区間における騒音レベル算出について、若干の検討を行い、プログラムの作成を行ったので報告する。

## 2 予測モデル

一般に $L_{eq}$ 等のエネルギー量を求めるためには、①ごく短い時間、距離もしくは角度ごとに、道路上で音

源(自動車)を移動させて、シミュレーションを行い受音点におけるエネルギー量を計算する。②道路セグメントの見込み角により積分計算してエネルギー量を求める。以上の2つの方法が考えられる。このうち①の方法は種々のこまかい条件を付加して計算するのには便利であるが、道路セグメントが増えたり、精度向上のため計算密度を増やしたりすると、計算量が膨大となり計算時間がかかる欠点がある。一方②の方法では、等速・等パワーのごとく交通流を単純化しなければ計算できないが、計算式は簡単であり計算時間がかからない長所がある。

前報<sup>1)</sup>においては、この②の方法によりプログラム作成を行い計算速度の効率化を図ったが、単純な交通流を仮定しなければならず、発進・停止を含む道路セグメントでは予測が困難であった。発進・停止の場合は、速度やパワーレベル等が定常な交通流とは大きく異なっていることが知られており、前述の②の方法では計算できず、①の方法によるシミュレーションに依らなければならない。言い換えるならば、 $L_{eq}$ 等のエネルギー量を算出するに当たっては、道路セグメントの速度やパワーレベル等の状況により、①もしくは②の方法を選択してレベル計算を行い、それらを合算することにより $L_{eq}$ 等を求めるのが、モデルとして望ましいと言える。

この自動交通騒音予測手法の検討では、この考え方に立ってプログラム開発を行っており、道路セグメントごとに最も効率的な手法を利用することとした。

## 3 発進区間の概念について

通常道路上の自動車の動きは、前方に他の車両等がない場合は車種や運転手のタイプにより一定のパターン

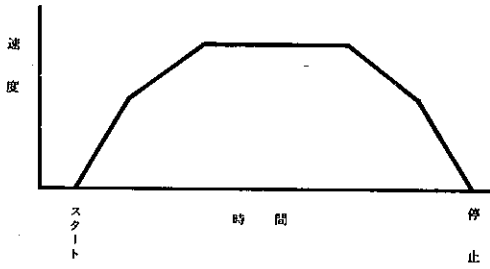


図1 加減速ルール

があることが知られている。これを加減速ルール<sup>3)</sup>と  
言うが、その概念を図1に示す。本報告では発進区  
間について検討を行うので、この加減速ルールの前半部  
分に注目すると、自動車はある一定の加速度で発進し、  
引き続きよりゆるやかな加速度で進行し、最終的には定  
速走行に移ることを示しており、このパターンにより  
発進区間における交通量を近似することとした。図2

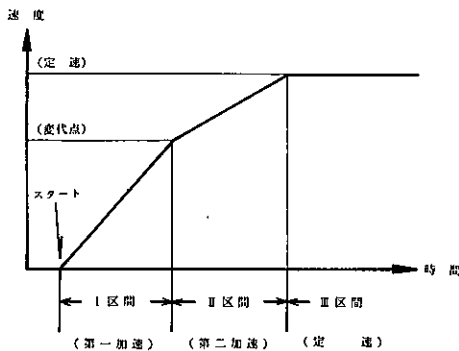


図2 発進パターンの概念

にその詳細な概念を示す。ここで第一加速区間をI区  
間、第二加速区間をII区間、定速区間をIII区間と呼ぶ  
こととする。図3には道路セグメントの概念を示すが、  
道路セグメントの始点X1から終点X2まで順次、I区  
間、II区間、III区間と表われるものとした。

このI区間は自動車がスタートしてから、ある一定  
の速度まで比較的大きな加速度で増速する区間であり、  
その最終速度は他の条件にかかわらず車種ごとに定ま  
っているものと仮定した。パワーレベルについては速度  
・ギヤ・機関回転数等の関数とも考えられるが、  
実測例<sup>4)</sup>によれば、これらの変数の変化にかかわらず比  
較的一定の値を示している。そのためパワーレベルに

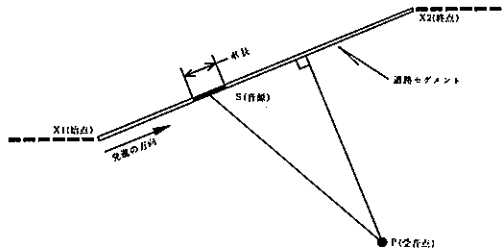


図3 道路セグメントの概念

ついては、実測データから数値的に与えることにした。

II区間はI区間に引き続き、ゆるやかな加速で増速  
する区間である。この区間は予測条件として与えられ  
る道路セグメントの定常走行速度(定速)になるまで  
続くものと仮定し、定常走行速度の大小によりII区間  
の長さは調整される。パワーレベルについてはI区間  
と同様に実測データとして与えられる。

III区間は定速で走行する区間であり、一般にトップ  
ギヤに入っている。この区間はいわゆる等速・等パ  
ワーな区間であり、音響学会式<sup>5)</sup>で示されている方法  
により、パワーレベルは計算される。

以上のことを整理すると表1のようになる。なお車  
種区分については、音響学会式では2つもしくは3つ

表1 発進区間の区分

区 間	速 度	パワーレベル	区間の長さ
I(第一加速区間)	一定加速度 ( $A_1$ )	実測データより 求める	車種ごとに一 定値
II(第二加速区間)	一定加速度 ( $A_2$ ) ただし $A_2 < A_1$	実測データより 求める	定速に達する まで
III(定速区間)	定速 (定常走行速度)	音響学会式の 算出法	セグメント 終点まで

表2 車種の区分

車種番号	中公密における車種区分	平均車長
1	乗 用 車	4
2	小型バス・トラック	4
3	中型バス・トラック	7
4	大型バス	11
5	大型トラック	11

(m)

に区分して示されているが、本報告では自動車騒音規制基準に準じて5つに区分した。この車種区分と後述する計算で使用する平均車長について表2に示す。

4 交通流の記述

前述のごとくI区間、II区間は定加速度と仮定したので、自動車の速度V及びスタート地点（道路セグメントの始点）からの距離Lは、スタートからの時間tにより簡単に表わされる。

$$V = V_0 + A \cdot (t - t_0) \quad \dots(1)$$

$$L = L_0 + V_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} A \cdot (t - t_0)^2 \quad \dots(2)$$

A : 区間加速度

$V_0, L_0, t_0$  : 定数であり、I区間ではすべて0  
この(1)、(2)式よりVとLの関係を求めると

$$L - L_0 = \frac{1}{2A} (V^2 - V_0^2) \quad \dots(3)$$

となる。一般に自動車騒音の測定においては、スタート地点からの距離ごとに速度を測定する 경우가多く、(3)式を利用して最小二乗法により加速度を車種別、区間別に求めればよい。本報告で使用した加速度についても、本研究所が高速道路料金所で測定したデータを(3)式により近似したデータをもとに他の測定結果も加味して推定した。なおI区間の変化点の速度については、車種1、2については30km/h、車種3、4、5については25km/hと仮定した。その加速度を表3に示し、定常走行速度を60km/hとした場合の様子を図4に示す。

表3 車種別加速度

区間 車種	I区間の 加速度	I区間の 最終速度	II区間の 加速度
1	5.76	30	5.33
2	5.94	30	5.40
3	5.94	25	5.40
4	5.40	25	3.71
5	5.40	25	3.71

(km/h/s)      (km/h)      (km/h/s)

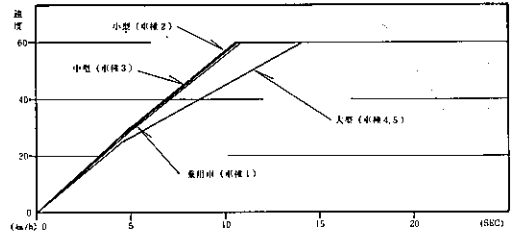


図4 車種別の速度変化

5 パワーレベルの記述

(1) 実測データによる記述（加速パワーレベル）

前述のごとく第一、第二加速区間におけるパワーレベルについては実測データを当てはめることにした。この実測例はほとんどなく、本報告では藤井<sup>4)</sup>の測定結果を用いた。そのパワーレベルと距離の関係が図5にある。実際の計算においては横軸の距離は交通流データに基づき、時間に交換される。図で明らかなように全体的にパワーレベルの変動が小さく、加速度区間におけるパワーレベルは速度に対する相関は余りないと言える。なおこの実測データは3車種区分で測定されているので、実際の計算においては、大型車のデータについては車種3、4、5に当てはめた。

この実測データは昭和54年測定であるが、その後自動車騒音規制（加速騒音）が第一段階、第二段階と進んでおり、この規制効果についても加味して予測法を考えなければならない。表4に各段階別の加速騒音規制値をパワーレベルに概算したものを示す。各車種と

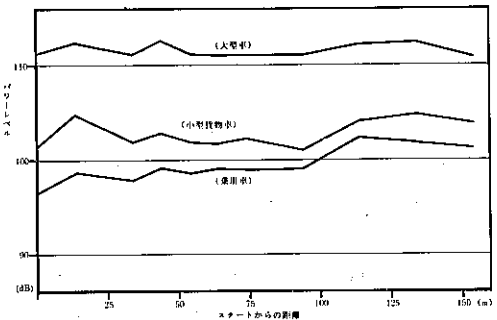


図5 発進時におけるパワーレベルの変化

表4 加速パワーレベル概算値 (規制年次別)

車種	46年規制	51年規制	中公審 第1段階 (54年規制)	中公審 第2段階 (57年規制)
大型トラック	117.5	114.5	111.5	108.5 (時期未定)
大型バス	117.5	114.5	111.5	108.5 (59年規制)
中型バス トラック	114.5	112.5	111.5	108.5 (58年規制)
小型バス トラック	110.5	108.5	106.5	103.5 (59年規制)
乗用車	109.5	107.5	106.5	103.5 (57年規制)

(dBA)

も逐時レベル低下がなされているが、図5に比較してみると、大型車については54年規制レベルとほぼ同じ、小型貨物、乗用車については54年規制より大幅に下まわっており、第二段階規制よりも低い。このため規制年度別加速パワーレベルについて、昭和54年以前及び小型貨物、乗用車(車種1, 2)については図5の値、車種3, 4, 5については昭和54年までは図5の値、その後騒音規制の第二段階では、表4によるレベル低下が実測上でも表われると推定した。なお、各車種の平均パワーレベルを算出するには、実際の走行における年次別規制台数比率により平均するが、これについては一般によく利用される表5の割合を使用した。

表5 年次別規制車台数比率

対象年	1年前	2年前	3年前	4年前	5年前	6年前	7年前
15	15	15	15	10	10	10	10

(%)

(2) 音響学会式によるパワーレベルの記述

今日広く用いられている音響学会式においては、パワーレベルは速度に比例するとして、速度VにおけるパワーレベルPvを次のように表わしている。

$$P_v = P_0 + 0.2 \times V \quad \dots(4)$$

ここではP<sub>0</sub>は車種別に定められる定数項であり、2車種区分では小型車87、大型車97であり、3車種区分では乗用車85、小型貨物90、大型車97とされている。しかしこの値は昭和47年規制以前の値であり、現実のアセスメント等ではその後の騒音規制効果を含めてパワーレベルを設定している。表6は中央公害対策審議の昭和51年答申<sup>6)</sup>による各規制の定常走行騒音低減量

表6 定常走行騒音低減量

(47年規制からの低減量)

車種	46年規制	51年規制	中公審 第1段階 (54年規制)	中公審 第2段階 (57年規制)
大型トラック	0	2	4	5 (時期未定)
大型バス	0	2	4	5 (59年規制)
中型バス トラック	0	1	2	4 (58年規制)
小型バス トラック	0	0	1	1 (59年規制)
乗用車	0	0	1	1 (57年規制)

(dBA)

の一覧である。これらの値は昭和46年規制からの低減量であり、大型車では5dBAの低減を予想している。現状の測定データが加速パワーレベルと同様少ないので、規制効果について不明な点も多いが、この低減量を利用してパワーレベルを設定することとした。なお年次規制車台数比率については、加速パワーレベルと同じく表5を使用した。車種については昭和46年時点では、表2のような区分になっていないため、3車種区分の値を利用して、車種1についてはP<sub>0</sub>=85、車種2についてはP<sub>0</sub>=90、その他の車種についてはP<sub>0</sub>=97と仮定して計算した。

6 プログラム

前報と同様に1つの道路セグメントからの音響エネルギーの算出を考える。単位時間の音響エネルギーを基準音響エネルギーで除したものをI'とすると

$$I' = \frac{1}{(t_1 - t_2)} \sum_{i=1}^k N_i \times I_i \quad \dots(5)$$

i : 車種

N<sub>i</sub> : t<sub>1</sub>からt<sub>2</sub>の間の通過台数

I<sub>i</sub> : 1台のi車種がセグメント通過時に発生する総音響エネルギーを基準音響エネルギーで除したもの

となる。このI'をすべての道路セグメントについて計算したものをI'cとすれば、前報のLeq算出式に加えて

$$Leq = 10 \log (I_c + I'c + 10^{L_B/10}) \quad \dots(6)$$

L<sub>B</sub> : 暗騒音レベル

が得られる。ここでI<sub>c</sub>については前報で算出された、道路セグメントによるものである。

ここで(5)式の  $I_i$  の算出を考えるが、近似的には十分に小さい時間間隔  $\Delta t$  ごとに、音源（自動車）を道路セグメント上で移動させることにより騒音レベル  $X_i(j)$  を求める。それを道路セグメントの始点から終点まで積算すればよい。すなわち

$$I_i = \sum_{j=1}^n \Delta t \times 10^{X_i(j)/10} \quad \dots\dots(7)$$

となる。よって  $I_i$  を求めることは、伝搬減衰効果を見れば、 $\Delta t$  ごとの音源（自動車）の位置とパワーレベルを計算し、そのデータから受音点の座標により距離減衰を求めることにより算出されることになる。

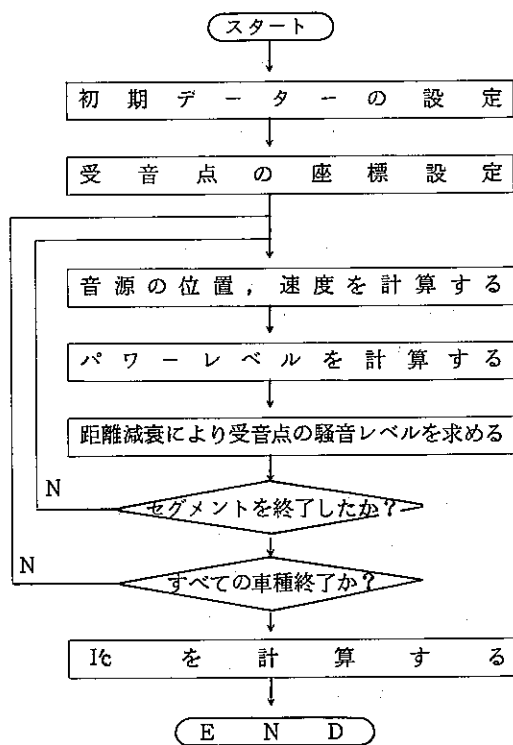


図6 プログラムのブロックチャート

図6に  $I_c$  を計算するプログラムのブロックチャートを示す。初期データの設定では車種別台数、定常走行速度（定速）、道路セグメントの座標などを入力する。音源（自動車）の座標及び速度の計算は表3の加速度により、I、II、III区間それぞれに分けて計算される。パワーレベルについては前述のごとく加速区間では、実測データより時間で補間して計算を行った後、

計算年度による規制効果についての低減量を減じて使用した。また定速走行区間のパワーレベルについては計算年度より各規制を考慮したパワーレベルを使用した。なお一般に加速区間から定速区間への変化点ではレベルがずれているため、レベル変化がなめらかになるようスムージングを行うようにした。受音点の騒音レベルの計算は、本報告では伝搬減衰については考慮せず、距離減衰のみで算出した。また自動車は一定の長さがあり点音源とは見なせないが、ここでは音源が表2に示す平均車長の中央にあると仮定して計算を行った。この音源と受音点の座標により距離減衰を求めたが、距離減衰量  $\Delta L$  については、首都高速道路路団の報告書<sup>7)</sup>になら

$$\Delta L = 7.98 + K_0 \log r \quad \text{ただし } r < r_0 \text{ の場合} \quad \dots\dots(8)$$

$$\Delta L = 7.98 + K_0 \log r_0 + K \log (r/r_0) \quad \text{ただし } r \geq r_0 \text{ の場合}$$

$r_0$ : 17.5 m

$K_0$ : 近距離における特性値 (=20)

$K$ : 遠距離における特性値 (=24)

とした。

### 7 計算例と考察

図7に車種別のシミュレーション結果を示す。道路からは10m、スタート地点からはそれぞれ15mと45mの地点であり、暗騒音60dBA、定速60km/h、計算年度は57年とした。スタート地点からはなれた地点でのレベル変化はなめらかであるが、スタート地点に近い地点ではレベルが急激に上昇している。これは音源（自動車）がスタート直後に加速パワーに上昇するためである。また全体的に、車が近づいてくるときはなめらかにレベル上昇し、はなれるときはレベル減少が早い。これは音源（自動車）の速度が増加しているためであり、実測における状況をよく近似している。

図8は発進区間における単発騒音暴露レベルの変化を示している。単発騒音暴露レベルの算出は、通常ピーク値の10dBさがった時間で積算されるが、ここでは道路セグメントを長くとり、十分な積分時間になるようにして計算した。各車種とも5m地点と100m地点を比較してみると3~5前後のレベル差を示しており、50~60m以遠ではそれ程大きなレベル変化はない。このことは交通量が等しければスタート地点に近い所

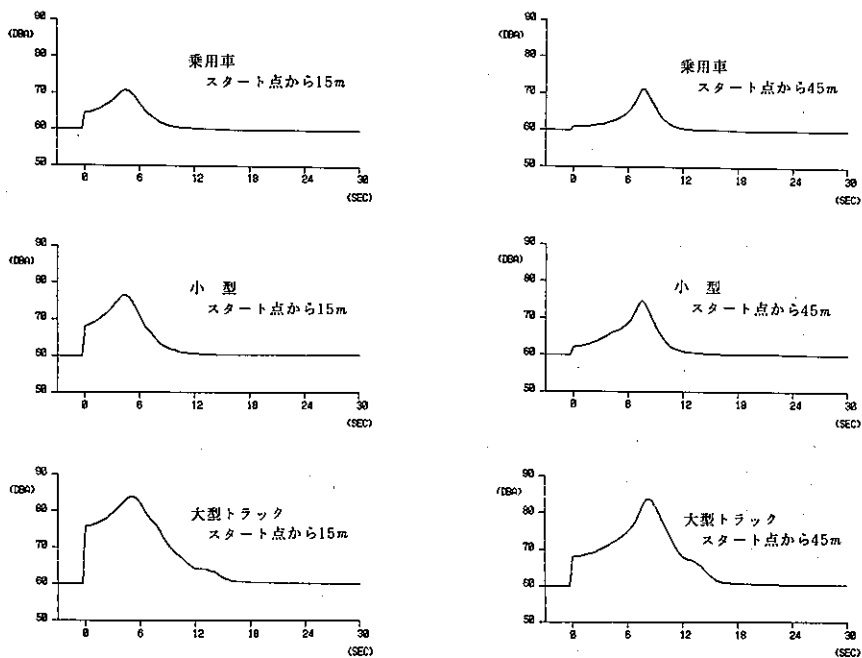


図7 受音点における騒音レベルの変化

(暗騒音60 dBA, 定速60 km/h)

受音点は道路から10m)

は、定速区間に比べて $Leq$  が数dB 上昇することを示している。

また図9はスタート地点から15mの地点における、道路からの距離別の単発騒音暴露レベル変化を示す。図より道路に近い地点では倍距離3dB前後の減衰であるが、はなれると倍距離4~5dBの減衰があることを表わしている。

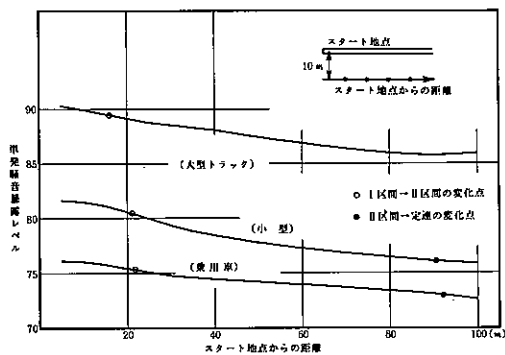


図8 受音点がスタート地点からはなれたときの単発騒音暴露レベルの変化

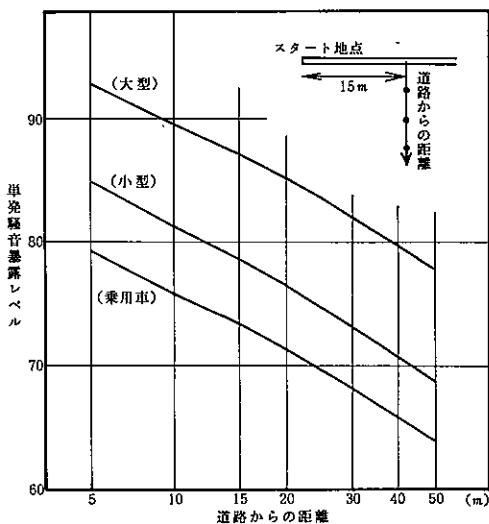


図9 受音点が道路からはなれたときの単発騒音暴露レベルの変化

## 8 おわりに

前報で述べた Leq 予測プログラムに非定常な道路セグメントを付加する場合、その道路セグメントについては、シミュレーションを実施することにより、前報のプログラムに組み込めることを示した。道路交通騒音モデルでは、それぞれの道路セグメントの特性により、望ましい計算手法を用いて複雑な道路交通騒音の予測計算を行うのが最適である。

また発進区間における交通流については3つの区間に区分し、パワーレベルについては実測データの補間により簡単に予測計算ができることを明らかにした。なお本報告では昭和54年のデータを利用したが、その後加速走行規制が加わっており見直しが必要と思われる。また若干の計算例によりエネルギー値単発騒音暴露レベルの発進区間周辺における分布について明らかにした。

今回の報告は発進区間のモデル化についての考察であるが、引き続き減速・停止を含めた交差点モデルについて検討と実測例の整理を行っており次報以降報告する。

## 参考文献

- 1) 末岡伸一：等価騒音レベルによる交通騒音予測手法の検討（第一報），東京都公害研究年報，（1983）
- 2) 岩瀬昭雄ほか：道路交通騒音の $L_{Aeq}$ に関する実用的予測計算手法，日本音響学会誌，38巻10号（1982）。
- 3) 保原光雄，中原恒雄：トラフィック制御，コロナ社，341，（1975）。
- 4) 藤井敏雄：自動車の発生騒音パワーレベル，音響技術，Vol No 4，（1979）。
- 5) 日本音響学会：道路交通騒音の予測計算方法に関する研究報告書，（1975）。
- 6) 中央公害対策審議会：自動車騒音の許容限度の長期的設定方策について（説明資料），（1976）。
- 7) 首都高速道路協会：特殊区間における騒音予測手法に関する研究，（1980）。