

# 自動車交通騒音予測の検討

## —モンテカルロ法による交通流の影響の検討第2報—

末岡伸一 高山孝 小林正雄

### 1 はじめに

自動車交通騒音予測においては、音源特性を単純化した等間隔・等パワーモデル<sup>1)</sup>が広く利用されている。しかし、現実の交通流においては、車頭間隔、パワーレベル、速度などは、ゆらぎをもった確率過程と考えられる。その意味で筆者らは自動車交通騒音予測の検討を行っており、前報<sup>2)</sup>においてモンテカルロ法を用いて、車頭間隔が指数分布する場合、パワーレベルが正規分布する場合について報告した。しかし車頭間隔が指数分布を示すといえるのは、一定の交通量がある場合であり、一般に少交通量の道路においては、自動車が一群(グループ)を形成しているのがしばしば見られ、大田<sup>3)</sup>らの報告もある。筆者らは前報において、モンテカルロ法を用いて、パワーレベルが正規分布するときは、等パワーモデルに比べて中央値 $L_{50}$ は若干上昇みに影響し、車頭間隔が指数分布をするときは中央値 $L_{50}$ が低下し、車頭間隔が指数分布で、かつパワーレベルが正規分布をすると、全体としては交通流のゆらぎによる影響はそれ程大きくないことを明らかにした。本報においては、別報交通流調査の結果<sup>4)</sup>をふまえてモンテカルロ法を用いて、自動車がグループを形成しているときの影響について検討したので報告する。

### 2 少交通量道路について

一般に交通量が1時間当たり500台以下の少交通量道路では、自動車が様に流れるのではなく、グループを形成して流れている。図1は都内多摩地区で測定した結果であり、平均速度40km/時前後の例である。これらはいずれも片側一車線の道路であり、交叉する道路からの進入台数の少ない地点で測定したものであり、測定時間はいずれも20分である。この車頭間隔分布図から明らかなごとく、平均車頭間隔に比べて極端に車

頭間隔の長いデータがある。これはある分布を示す自動車のグループが、かなり長い間隔をおいて通過しているとみるのが適当である。ここで1時間あたりのグループ数は、測定地点の信号点減回数と等しいと仮定して、上記測定データを整理したものが表1である。1時間交通量は20分の測定交通量より換算したものであり、平均車頭間隔は実測値の総平均であり、すべて

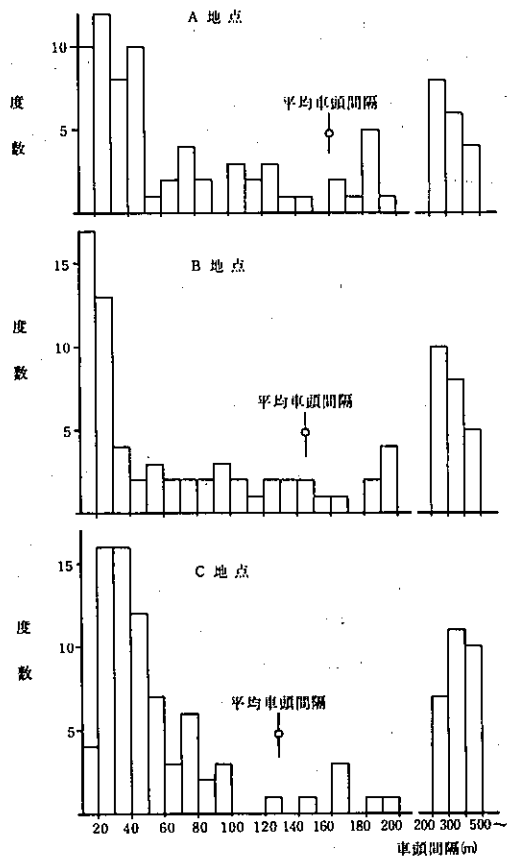


図1 車頭間隔分布

表1 都内多摩地区における測定結果

測定地点	片道側路幅 (m)	平均速度 (km/時)	1時間交通量 (台/時)	大型車混入率	平均車頭間隔 (m)	グループ内平均車頭間隔 (m)	グループ数	グループ内台数	グループ間距離 (m)
A	6.2	41.1	258	0.29	159.3	71.2	60	4.3	685
B	6.2	38.4	264	0.40	145.4	74.0	60	4.4	640
C	7.8	40.9	321	0.28	127.5	67.9	60	5.4	682

の自動車等が等間隔で流れているとしたときの間隔である。グループ内平均車頭間隔は実測されたすべての車頭間隔の長い方からグループ数に相当するデータを差し引いた残余の平均値であり、これをもってグループ内の車頭間隔の平均値と仮定した。このグループ内平均車頭間隔はいずれも70m前後を示しており、交通量の多少には影響されないものと考えられる。またここに掲げた平均速度は1時間交通量と平均車頭間隔より計算したものであるが、実測された平均速度とはほぼ同じ値を示している。なお、一般には車速が一定の分布をしている場合、空間平均速度と時間平均速度は若干のずれがあり、考慮しなければならないが、本測定においては大きなばらつきはなく、一台ごとに10mの短区間を通過した時間により速度を計算し、これを平均して実測平均速度とした。

3 モンテカルロシミュレーション

数値シミュレーションとしては、乱数を発生させ、くり返し計算を実施させるモンテカルロシミュレーションがしばしば利用される。特にある現象に影響を与える要因が複雑である場合は、モンテカルロシミュレーションはきわめて有用であるが、乱数の初期値や計算機の種類により若干の数値のずれができるのはやむを得ない。本シミュレーションにおいても極力数値が安定するまでくり返し計算を実行するのが望ましいが、時間的・経費的問題もあり、実用上さしかえのない範囲で計算することとなる。その意味でシミュレーションの実施ごとに若干の数値のずれが存在することは配慮しなければならない。

今回のモンテカルロシミュレーションは前報と同様の方法で実施した。そのブロックチャートは図2のとおりである。パワーレベルおよび速度は定数とするか、乱数によって決定した。車頭間隔については、グループ間距離とグループ内平均車頭間隔を指定するデータ

を入力し、乱数により決定した。車種区分については大型車・小型車の2区分とし、乱数により振り分けた。また暗騒音についても任意のレベルを入力できるようにした。

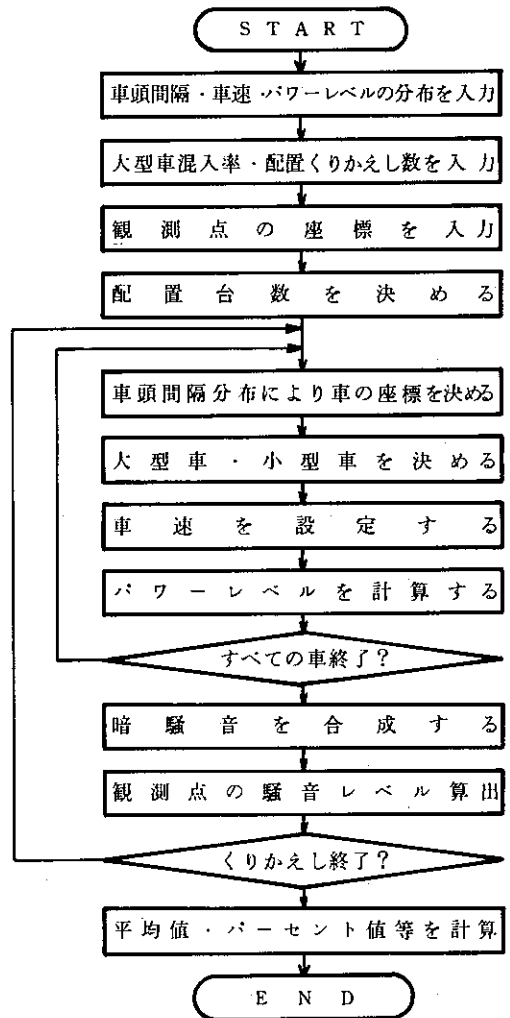


図2 モンテカルロ法の流れ図

一様乱数については、計算機により乗積合同法で発生させ、正規分布は大数の法則、指数分布は一様乱数の対数変換により発生させた。パーセント値 $\alpha$ は計算値をクイックソート法により並べかえて求め、標準偏差等必要な統計量も計算させた。自動車の配置については500回くり返し、必要によりそれを数度実施して計算を行った。

4 グルーピングモデルの検討

グルーピングモデルの概念図を図3に示す。なお $\ell$ は観測点までの距離であり、 $d_G$ は一つのグループの先頭車から次のグループの先頭車までのグループ間距離である。ここで $V$ を平均車速、 $NG$ を1時間あたりに通過するグループ数とすると

$$1000 \cdot V = d_G \cdot NG \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる。

グループ内の車頭間隔の分布については図1の実測結果から見て明らかのように指数分布と仮定できる。これは、一般に自由走行している自動車のある地点に到着する時間間隔が指数分布するという交通理論からの予測とも一致している。よって本シミュレーションでは、グループ内の車頭間隔は指数分布していると仮定し、その確率密度は、

$$f(x) = \frac{1}{d_M} e^{-\frac{x}{d_M}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

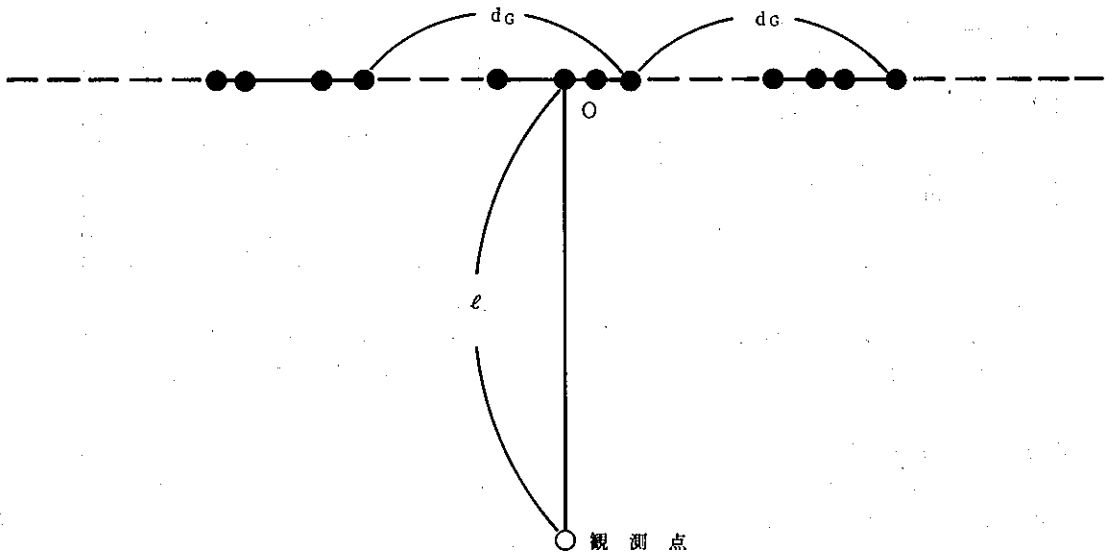


図3 グルーピングモデル

で表わされる。ここで $d_M$ はグループ内平均車頭間隔である。

またグループ内台数を $N_M$ とおくと $d_M$ は

$$d_G \geq d_M \cdot N_M \quad \dots\dots\dots(3)$$

を満足しなければならない。計算機のなかでは(2)式により指数分布でグループ内の車頭間隔を発生させるが(3)式の拘束条件を満たさないときは条件を満足するよう、車頭間隔に修正を加えた。なお一般的には $N_M$ が(3)式の条件を十分に満足する場合はグルーピングモデルを利用できるが、 $N_M$ が大きくなるとむしろ指数分布モデル等を利用するのが適切であろう。

大型車、小型車のパワーレベル $L_{W1}$ 、 $L_{W2}$ および標準偏差 $\sigma$ については前報と同じく次の値を使用した。

小型車  $L_{W1} = 99$  dBA  $\sigma = 1.63$

大型車  $L_{W2} = 109$  dBA  $\sigma = 3.5$

図4から図8はグルーピングモデルのモンテカルロシミュレーションの結果である。大型車混入率 $a_2$ については0から1.0まで示した。車速については定速とし $V = 40$  km/時とした。図中実線はグループ内台数3、5、7のときの結果であり、破線はそれぞれに対応する等間隔・等パワーモデルの値である。これらのシミュレーションの初期値の一覧は表2に示す。

この結果を見ると $a_2 = 0.1, 0.3$ のときはグルーピング

表2 シミュレーションの初期値

番号	一時間交通量 (台/時)	グループピングモデル				等間隔等 パワーモデル
		グループ内台数	グループ内 平均車頭間隔(m)	グループ数	グループ間距離 (m)	車頭間隔 (m)
1	420	7	70	60	667	95.2
2	300	5	70	60	667	133.3
3	180	3	70	60	667	222.2

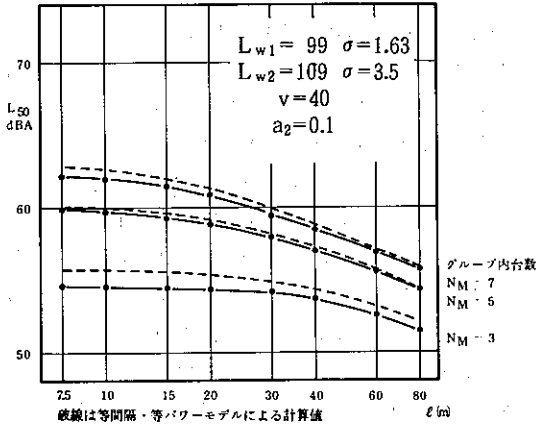


図4 グループピングモデル (パワーレベルは正規分布) のL50の距離減衰

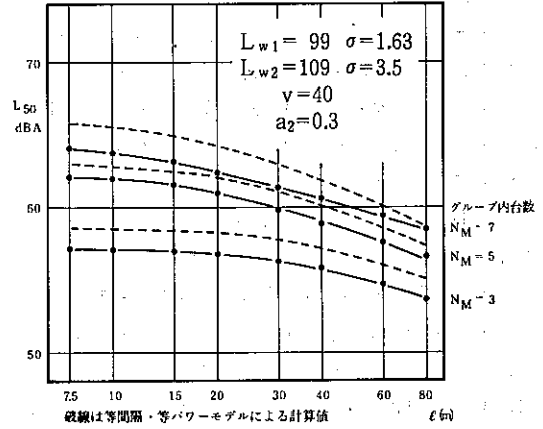


図6 グループピングモデル (パワーレベルは正規分布) のL50の距離減衰

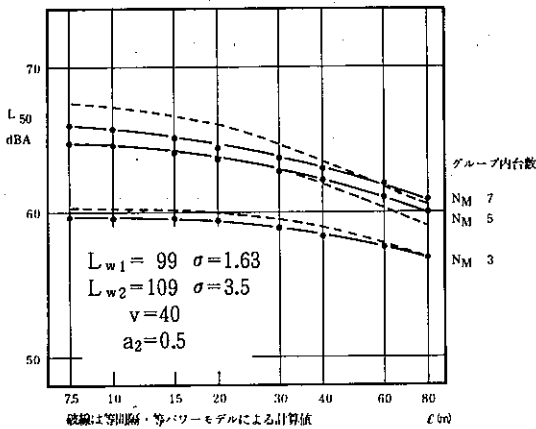


図5 グループピングモデル (パワーレベルは正規分布) のL50の距離減衰

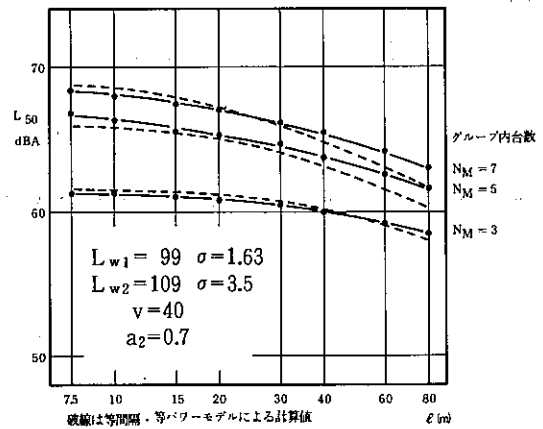


図7 グループピングモデル (パワーレベルは正規分布) のL50の距離減衰

グの効果は全体的に中央値L<sub>50</sub>を1 dBA 以内で低下させている。a<sub>2</sub>=0.5のときは等間隔・等パワーモデルと同様の値を示しており、a<sub>2</sub>=0.7, 0.9 と大型車の割合が多くなると、グループピングの効果は等間隔・等パワーモデルに比べて、1 dBA 前後のレベル上昇をも

たらしている。このことを整理したのが図9である。この図はグループ内台数N<sub>M</sub>=5のときのグループピングモデルと等間隔・等パワーモデルのレベル差を表しており、a<sub>2</sub>=0では若干レベルが上昇しているが、a<sub>2</sub>=0.4以下ではレベルが低下し、a<sub>2</sub>=0.5ではほぼ同様の

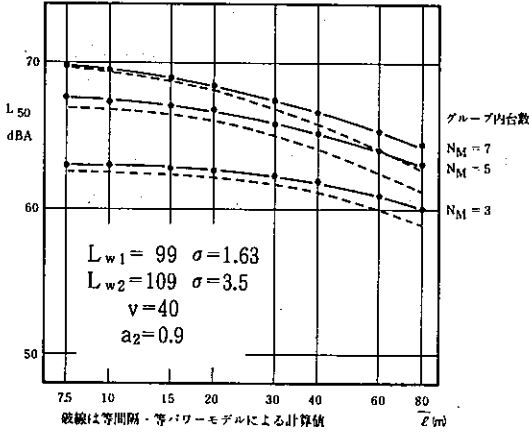


図8 グルーピングモデル（パワーレベルは正規分布）のL50の距離減衰

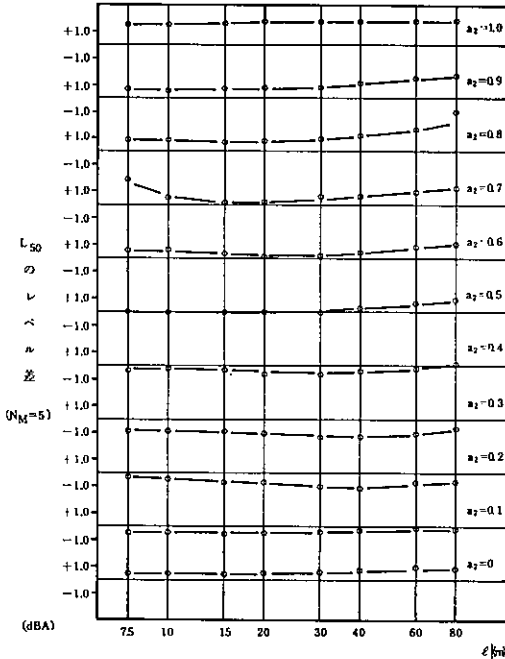


図9 大型車混入率 ( $a_2$ ) が変化したときのグルーピングモデル（パワーレベル正規分布）と等間隔・等パワーモデル計算値とのレベル差

値  $a_2=0.6$ 以上では逆にレベルが上昇するという興味ある結果を示している。

この  $N_M = 5$  のグルーピングモデルと指数分布モデルを比較したのが図10である。これで明らかのようにグルーピングモデルは一般的に指数分布よりもレベル

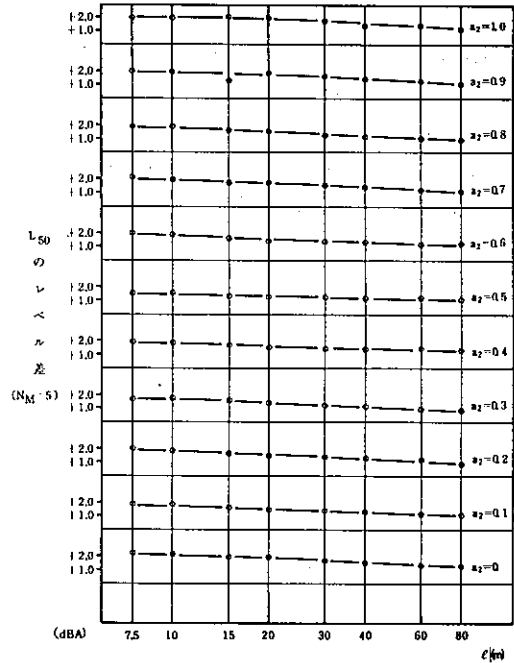


図10 大型車混入率 ( $a_2$ ) が変化したときのグルーピングモデル（パワーレベル正規分布）と指数分布モデル（パワーレベル正規分布）とのレベル差

が高くなっており、交通流がグループを形成している場合のシミュレーションはグルーピングモデルで実施する必要がある。なお、上記の検討はいずれも暗騒音を考慮しなかったが、現実の予測計算を、行うに当たっては、暗騒音を合成して予測しなければならない。

## 5 おわりに

自動車交通騒音予測の検討の一環として、モンテカルロ法によるグルーピングモデルのシミュレーションについて報告した。結果としてグルーピングの効果は大型車混入率が高いとき中央値  $L_{50}$  を上昇させ、大型車混入率が低いときは  $L_{50}$  を低下させることを示した。また、これにより少交通量道路における予測シミュレーションとしてはグルーピングモデルが適切であることを実測結果を含めて明らかにした。今後は引き続き、シミュレーション手法に検討を加えるとともに、伝搬特性に着目したモデル化を検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) 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，（1975）。
- 2) 末岡伸一：自動車交通騒音予測の検討 —モンテカルロ法による交通流の影響の検討（第1報）—，東京都公害研究所年報（1981）。
- 3) 大田光雄ほか：田園と都市環境下の等間隔・等パワー型交通流規範モデルに基づく騒音予測問題とそのGrouping 効果，日本音響学会講演論文集（1978）。
- 4) 高山孝ほか：騒音予測のための二車線定常交通流調査について：東京都公害研究所年報（1982）。