

II-384

過剰減衰(1台の車両の走行による騒音レベルの変動特性より推定)を考慮した道路騒音の予測方法について

京都大学大学院 学生員 ○松井利仁  
 京都大学工学部 正員 高木興一  
 京都大学工学部 正員 山本剛夫

1. はしがき

道路騒音における騒音レベルの中央値 [ $L_{50}$ ] の予測方法として、これまでいくつかの式が報告されているが、そのほとんどは自由空間あるいは半自由空間において、音のエネルギーの幾何学的な広がりによる減衰(距離減衰)だけを考慮したものとなっている。しかし、実際の道路においては、防音壁など障害物による回折減衰や地表面による吸収など、いわゆる過剰減衰があり、距離減衰だけで騒音の伝播性状を説明できる場合は少ないと考えられる。過剰減衰を考慮した場合、 $L_{50}$  を与える式を解析的に求めるのは困難であり、現在のところモンテカルロ法を用いたシミュレーション計算等を行わなければならない。本報告では、騒音の伝播が距離減衰だけで説明できない場合でも、1台の車が走行した場合の受音点におけるレベル変動パターンが求まれば、その結果から比較的簡単に $L_{50}$  を計算できる予測モデルを導いた。

2. 交通流モデルに関する検討

1台走行のレベルパターンから $L_{50}$  を求めるためには、車頭間隔の分布、パワーレベルの分布、大型車の混入率等の情報が必要である。車頭間隔の分布については、等間隔、指数分布、アーラン分布などが考えられているが、多車線道路や大型車の混入を考えると、モデルの違いによる差が小さくなり、いずれの場合にも、 $L_{50}$  はほとんど同じ値を示す。ここでは、大型車が混入した場合などについても解析解が求まるという点から、指数分布モデルを仮定することにした。

3.  $L_{50}$  のモデル化

はじめに1車線道路について、 $L_{50}$  の予測モデルの考え方を示す。受音点が路肩のように道路に近い位置にある場合、音源が1つでも受音点に近い範囲に存在すると受音点では $L_{50}$  以上のレベルとなる確率が高い。すなわち、 $L_{50}$  となるような音源の配置を考えた場合、受音点に近い範囲にはほとんどの場合音源が存在しないことになる。このことから、受音点が道路に近い場合、 $L_{50}$  を与える音源配置は図1のようなモデルで近似できるものと考えられる。このモデルは斜線部分が一樣な音響パワーを持つ線音源となっており、

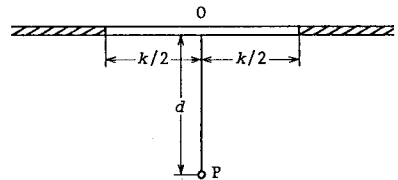


図1  $L_{50}$  の予測モデル

道路上において、受音点に近い長さ $k$ の範囲が $L_{50}$  に関与せず、それ以外の部分が一樣に寄与するとしたものである。線音源の単位長さ当りの音響パワーは $L_{eq}$  を算定する場合と同じである。

受音点と道路の距離が十分離れた場合を考えると、音源の位置による受音点でのレベル変化が小さくなるため、道路全体が一樣に $L_{50}$  に寄与することになり $L_{50}$  は $L_{eq}$  とほぼ一致する。図1のモデルでは、線音源のない範囲が $L_{50}$  に寄与しないことになるが、 $d$  が十分大きいと、 $k$  の値にかかわらず道路全体に音源がある場合と等価となり、上述の $L_{50}$  の性質を満たすことになる。

4. 1車線道路での予測モデル

図1の点Oを原点とし、道路上の位置を $x$  で表すとする。受音点における小型車のレベルパターンが平均 $L(x)$ 、標準偏差 $\sigma_1$  の正規分布をすとし、大型車のレベルパターンがそれより $\Delta L$  高く、標準偏差が $\sigma_2$  であるとする。平均車頭間隔を $s$  とすると、図1のモデルの受音点での音圧レベルは次式となる。

$$L_{50} = 10 \log \left[ \frac{1}{s} \{ (1-r)A_1 + r \cdot q \cdot A_2 \} \times \left\{ \int_{-\infty}^{-k/2} 10^{L(x)/10} dx + \int_{k/2}^{\infty} 10^{L(x)/10} dx \right\} \right] \quad (1)$$

ただし、

$$A_i = \exp \left( \frac{\sigma_i^2}{2} \left( \frac{\ln 10}{10} \right)^2 \right) \quad (2)$$

$$q = 10^{\Delta L/10} \quad (3)$$

である。(1)式は $d$  が十分大きいと $k$  の値に関係なく $L_{eq}$  と一致するが、 $d$  が小さい範囲では、 $k$  の値により大きく変化する。そこで、 $d$  が小さい範囲では、騒音の伝播を距離減衰だけで近似できると考え、距離減

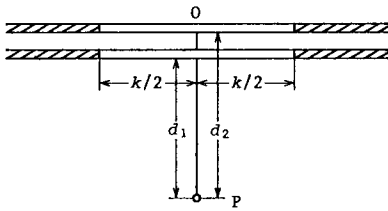


図2 多車線道路での予測モデル

衰のみを考慮した指数分布モデルの解析解（ $d = 0$ ）に一致するように  $k$  の値を定めた。1車線道路の場合、 $k$  は次式で表される。

$$k = 0.29 \cdot s \cdot \frac{(1-r)A_1 + r \cdot q \cdot A_2}{\{(1-r)A_1^{1/4} + r \cdot \sqrt{q} \cdot A_2^{1/4}\}^2} \quad (4)$$

5. 多車線道路での予測モデル

多車線道路において、車線の間隔が平均車頭間隔に比べて小さいとすると、 $L_{50}$  の値は全ての車が同一車線上を走行する場合と一致する。この性質を満たすようにモデルを組み立てた。

図2において、線音源の音響パワーをそれぞれの車線ごとに求め、 $k$  については全ての車線を合わせた平均車頭間隔および混入率を用いる。それぞれの車線の平均車頭間隔を  $s_i$ 、混入率を  $r_i$ 、レベルパターンを  $L_i(x)$  とすると、 $L_{50}$  の近似式は次式となる。

$$L_{50} = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{s_i} \{ (1-r_i)A_1 + r_i \cdot q \cdot A_2 \} \times \left\{ \int_{-k/2}^{k/2} 10^{L_i(x)/10} dx + \int_{k/2}^{\infty} 10^{L_i(x)/10} dx \right\} \right] \quad (5)$$

$k$  は、(4) 式において  $s$ 、 $r$  のかわりに、

$$s_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{s_i}} \quad (6) \quad r_0 = s_0 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{s_i} \quad (7)$$

を用いることになる。図3は距離減衰だけを考慮した場合について、本予測モデルとシミュレーション計算値の対応を示したものである。現在、多車線道路の  $L_{50}$  を予測する場合には、各車線ごとに計算した  $L_{50}$  の値をエネルギー加算する方法が用いられているが、この方法では道路に近い範囲で過小評価となっている。なお、車線数が増すことにより、この差はさらに大きくなる。

過剰減衰がある場合の本予測モデルの対応については、計算機を用いた数値実験を行った。図4は計算で用いたレベルパターンの1例で、地表面のインピーダンスを考慮して<sup>1)</sup> 音の伝搬を計算したものである。地

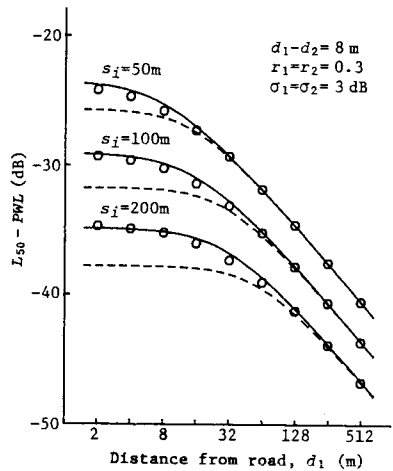


図3 2車線道路での  $L_{50}$  (距離減衰のみを考慮) 実線は本予測モデルによる値、破線は各車線ごとの  $L_{50}$  をエネルギー加算した値、

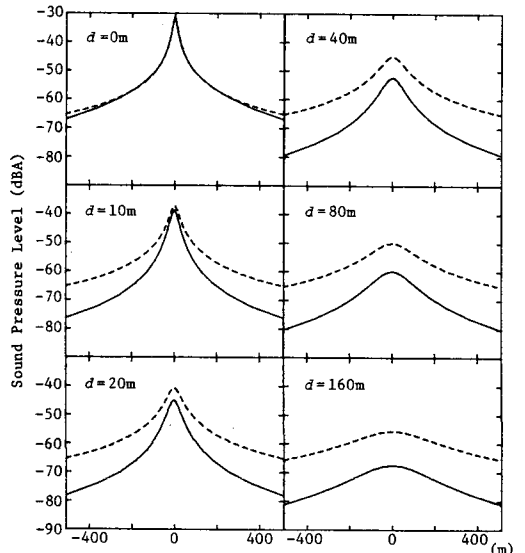


図4 計算で用いたレベルパターンの例(実線) 路面の流れ抵抗 20000cgs unit, 地面の流れ抵抗300cgs unit, 受音点さ 1.2m, 障壁高 0m, 破線は距離減衰のみによる計算値、

表面、障壁高などの条件を変えて対応を調べたが、本予測モデルによる結果とシミュレーション計算の結果はいずれの場合も 1dB 以内の差で一致した。なお、今回検討したレベルパターンは、図4のように左右対称でなだらかなものを用いており、比対称な場合やより複雑な形状の場合については今後の検討を要する。

参考文献

- 1) 高木他, 音響学会講演論文集, 1985.3, p419.