

京都大学工学部 正員 庄司光 〇〇 山本剛夫

〇 中村隆一 〇 学生員 橋本和平

高速道路に直角な方向の地点の騒音レベルは、等間隔で走行する等音響パワーの車輛群のモデルを想定することから、理論的に推定できることを報告した。しかし実際の交通流はポアソン分布をしますので、今回はモンテカルロ法を応用して高速道路の騒音レベルの推定を試みた。ある時間間隔の間に通過する車輛数がポアソン分布を示す時、その車頭間隔は指数分布となる。この場合の車頭間隔の確率密度関数は

$$P(t) = Ne^{-Nt} \quad (1) \quad 0 < t < \infty$$

M高速道路における実測値は、カイ自乗検定の結果、5%の有意水準で指数分布を否定できない。(図1)

われわれは、車頭間隔が指数分布をもつ自動車配置のモデルをモンテカルロ法を用いて作製した。すなわち、0~1までの一様疑似乱数Yを電子計算機によって発生させ、つぎのような変換を行なう。

(v:速度 $\frac{N}{v} = s$; 平均車頭間隔)

$$r = \int_0^x \frac{N}{v} e^{-\frac{N}{v}x} dx = 1 - e^{-\frac{N}{v}x}$$

$$\therefore x = -\frac{v}{N} \ln(1-r) \quad (2)$$

このxを用いて車線よりdの距離の音圧レベルが次式より求められる。

$$SPL = PWL + 10 \log_{10} \frac{1}{4\pi} \left\{ \frac{1}{d^2 + \chi_{+1}^2} + \frac{1}{d^2 + (\chi_{+1} + \chi_{+2})^2} + \dots + \frac{1}{d^2 + \chi_{-1}^2} + \frac{1}{d^2 + (\chi_{-1} + \chi_{-2})^2} + \dots \right\} \quad (3)$$

無限遠に至るまでの計算を遂行することは不可能であるから、無限遠まで続く場合に比べて、差が0.5 db以内となるような発生台数を等間隔モデルの場合より推定した。すなわち

$$10 \log_{10} \frac{1}{4\pi} \sum_{i=0}^{\pm\infty} \frac{1}{d^2 + (a+i)s} - 10 \log_{10} \frac{1}{4\pi} \sum_{i=0}^{\pm(n-1)} \frac{1}{d^2 + (a+i)s} < 0.5$$

$$\therefore 10 \log_{10} \frac{1}{4ds} \frac{\sinh 2\pi d/s}{\cosh 2\pi d/s - \cos 2\pi a/s} - 10 \log_{10} \frac{1}{4\pi} \sum_{i=0}^{\pm(n-1)} \frac{1}{d^2 + (a+i)s} < 0.5$$

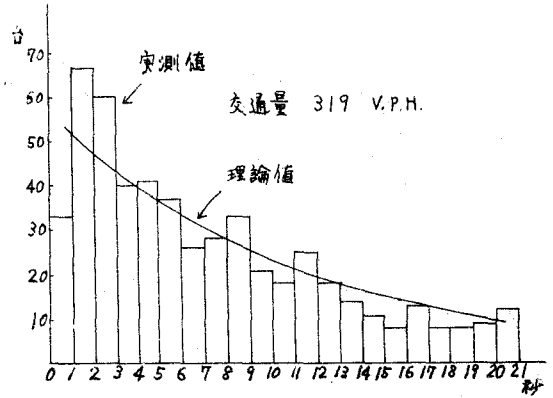


図1 車頭間隔の分布の測定値と理論値

$$\chi^2 = 30.569$$

$$\chi_{0.05}^2 = 31.410$$

$$d.f. = 20$$

a は測定点から車線に下した垂線と車線との交点から、 $i=0$ の車輛までの距離であるが、安全をみ
つめて $a = \frac{1}{2}S$ とする。また $p = d/s$ とおけば前式は

$$10 \log_{10} \frac{1}{p} \frac{\sinh 2\pi p}{\cosh 2\pi p + 1} - 10 \log_{10} \frac{1}{\pi \sum_{i=0}^{z(n-1)} p^2 + (\frac{1}{2} + i)^2} < 0.5 \quad (4)$$

(4)式を満足させる最小の発生台数 m を電子計算機を用いて計算した。その結果から p と m との関
係式を求めると

$$m = 185/16 p + 2 \quad (5)$$

となる。

図2は計算結果の一例である。この場合には車頭間隔 $v/N = 800$ m, 車線よりの距離 d は 2 m, 4 m, 8 m, ..., 1024 m の10地点, 発生台数は17台である。SPLの計算は, 各50回ずつ異なった組み合わせの一連の車頭間隔を発生させて, 観測点における平均音圧レベルと, その信頼限界(信頼度99%)を求めた。破線は車頭間隔を等間隔として, 次の式を用いて計算した値である。

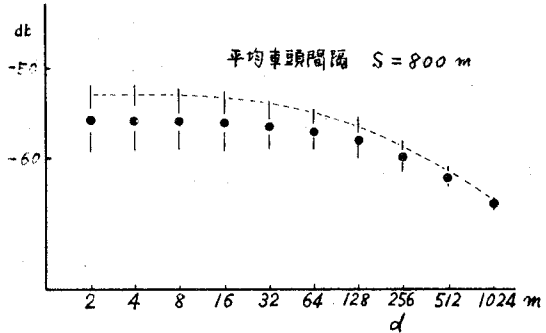


図2 音圧レベルの距離による減衰
黒点は平均値, 棒線は信頼限界, 破線は等間隔モデルの計算値

$$SPL_{mean} = PWL + 10 \log_{10} 2ds \times \frac{\sinh 2\pi d/s}{\cosh 2\pi d/s + \sinh 2\pi d/s} \quad (6)$$

この場合, 等間隔モデルの理論値はモンテカルロ法で求めた相対音圧レベルの信頼限界に含まれる。

次に, 観測点における音圧レベルの分布形を推定するために, 平均車頭間隔 $S = 250$ m, 車線よりの距離 $d = 2$ m の地点の SPL を 85 個算出し, その頻度分布を描いたものが図3である。カイ自乗検定の結果, 5%の有意水準で正規分布を否定し得なかった。

M 高速道路および滋賀県道栗東-堅田線における実測の結果は, モンテカルロ法で求めた相対音圧レベル ($PWL = 0$ とした) の信頼限界内に入った。

文献

- 1) 庄司光 他 日本音響学会誌 19(3) 97~105 1963
- 2) 渡辺新三 「交差点の交通処理に関する基礎的研究」

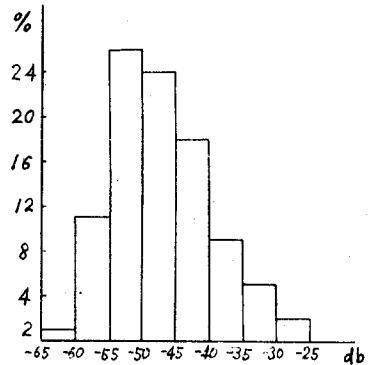


図3 音圧レベルの分布

$$\begin{aligned} S &= 250 \text{ m} & d &= 2 \text{ m} \\ \chi^2 &= 3.16 & \chi^2_{0.05} &= 5.99 \\ d.f. &= 7 \end{aligned}$$