

大阪大学大学院    学生員    金 甲洙  
 大阪大学工学部    正 員    毛利正光  
 大阪大学工学部    正 員    塚口博司

1. はじめに    環境騒音の予測に関しては、従来から多くの研究がなされており、種々の予測手法が提案されている。その中の一つにワイブル分布にあてはめる方法がある。<sup>(1,2)</sup> 西宮は騒音レベルがワイブル分布に従うと仮定し、残留騒音レベルをワイブル分布の位置パラメータ $\tau$ で表わし、変動騒音レベルを形状パラメータ $m$ と尺度パラメータ $\eta$ によって計算した。本研究は環境騒音をワイブル分布を用いて予測するに当り、分布パラメータ $m$ ,  $\eta$ ,  $\tau$ を社会統計指標から推定し、どのような環境要因が分布パラメータに大きな影響を与えるかを調べるとともに、その推定値を用いて環境騒音 $Leq$ を予測したものである。

2. 研究の方法    本研究のフローは図-1に示すとおりである。分布パラメータの推定には数量化理論1類を用いることにした。説明要因としては生活環境指標から騒音と関係があるものについて行った因子分析の結果より各因子軸を代表すると考えられる要因を選ぶとともに騒音実測値、交通量および用途地域を採用した。外的基準としては実測した環境騒音データから最尤法の母数推定法によって計算したワイブル分布パラメータ $m$ ,  $\eta$ ,  $\tau$ の値とした。数量化理論1類によって求めたパラメータ $m$ ,  $\eta$ を用いて変動部分騒音レベルを計算し、パラメータ $\tau$ を残留騒音とみなして、変動騒音と残留騒音レベルの重畳によって環境騒音レベル $Leq$ を予測した。<sup>(3)</sup> 尚位置パラメータに関しては前報で発表した<sup>(4)</sup>ので、今回はパラメータ $m$ ,  $\eta$ に関して詳しく述べることにする。

3. ワイブル分布モデル    環境騒音はさまざまな特性を持つ音源によって構成されている。環境騒音の変動騒音レベルの分布を表わすためには指数分布、正規分布、ガンマ分布、ワイブル分布等が考えられるが汎用性を考慮するとワイブル分布が望ましいと思われるので環境騒音の変動部分をワイブル分布にあてはめ、任意の環境騒音をモデル化した。ワイブル分布を用いれば分布パラメータ $m$ ,  $\eta$ を変化させることによって図-2に示すように近似的にさまざまな分布形状を表わすことができる。<sup>(5)</sup>

4. 騒音レベルの計算    環境騒音レベルがワイブル分布に従うと仮定すれば、任意の環境騒音レベル分布は

$$f(L) = \frac{m}{\eta^m} (L - L_{res})^{m-1} \cdot e^{-\left(\frac{L - L_{res}}{\eta}\right)^m}, L > L_{res} \quad (1)$$

とかける。ここで $L_{res}$ は残留騒音レベルであり、 $L_{res}$ を超える変動部分

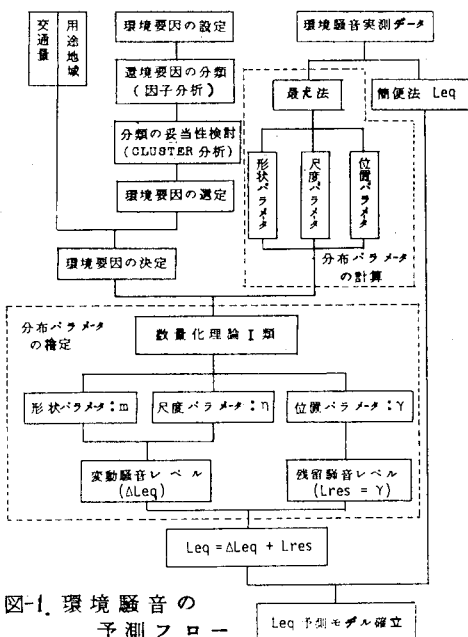


図-1. 環境騒音の予測フロー

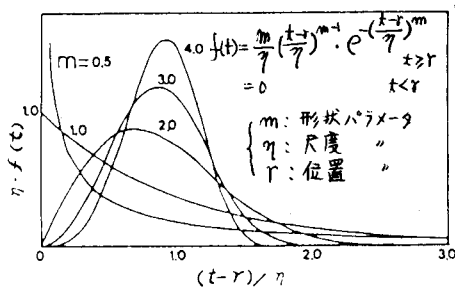


図-2. ワイブル確率密度関数

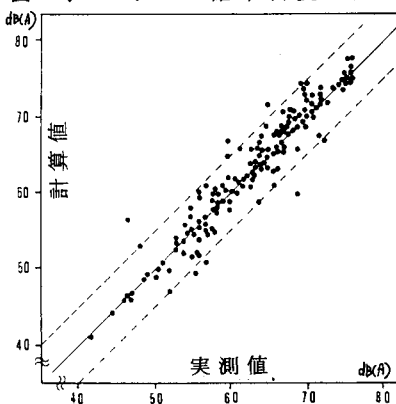


図-3. 実測値と計算値との関係

について、モーメント法によって騒音レベルのパワー平均の位置をL軸上で定めると最終的に

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[ \int_0^{\infty} e^{-x} \cdot e^{\frac{2m}{10} \cdot \eta \cdot x^{\frac{1}{m}}} dx \right] + L_{res} - 2$$

の形にすることができる。式2の第1項は、ガウスラゲリーの求平積法によって数値積分し、変動部分の騒音レベルを計算した。実測した環境騒音データから $L_{eq}$ を式3を用いて計算し、この値と前に述べた $L_{eq}$ との関係を検討した。

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} \right), \quad \begin{matrix} N: \text{サンプル数} \\ L_i: \text{測定点} i \text{ における騒音値} \end{matrix}$$

適合度の良否を示す指標としてパーセントRMS誤差を求めたところ4.1%の誤差となった。この誤差はかなり小さいと思われ、また実測値と計算値との関係をプロットした図-3をみれば両者は非常によく対応していることが確認された。

### 5. 数量化理論1類によるパラメータの推定

数量化理論1類の分析に用いた要因は表-1に示す9要因であり、外的基準としてはパラメータ $m$ ,  $\eta$ を採用した。分析結果は表-1に示すように、パラメータ $m$ を大きく支配する要因は、交通量、延床面積、業務施設床面積、道路面積などであり、パラメータ $\eta$ を大きく

支配する要因は交通量、業務施設床面積、家屋密度、工業施設床面積などである。カテゴリースコアの分布状態をみると影響が大きい要因の内容は妥当であり、また、重相関係数は各々0.75, 0.79であるからかなりよい結果と思われる(パラメータ $m$ ,  $\eta$ の残差は図-4, 5参照)。

6.  $L_{eq}$ の予測 変動騒音レベルは前節で作成した数量化モデルを用いて求めた。つまりパラメータ $m$ ,  $\eta$ を式2の第1項に代入して $L_{eq}$ を求め、残留騒音レベルは前報で推定した $r$ を用いて $r = L_{res}$ とした。そして環境騒音レベルは $L_{eq} = a_{eq} + L_{res}$ として予測を行った。実測値と予測値との関係を図-6に示した。両者はかなりよく対応しているように思えるが適合性を検討するためにパーセントRMS誤差を求めてみたところ6.1%となり比較的よい結果であると考えられる。これより生活環境要因からワイブル分布パラメータ $m$ ,  $\eta$ ,  $r$ を求め、これを用いて環境騒音を予測することが可能になったと思われる。以上述べたようにワイブル分布にあてはめる環境騒音の予測法は非常に有効であると考えられるが実際の騒音分布は単一分布でなく複合分布をしている場合が多いから、そのときの分布パラメータを社会統計指標からいかに求めるかが今後の課題である。(参考文献) ① 西宮, 任意の環境騒音におけるワイブル分布のあてはめによる $L_{eq}$ の推定, 日本音響学会誌, 35巻10号(1979) ② 毛利, 清洲: ワイブル分布にあてはめる環境騒音の評価, 土木学会関西支部誌, 1982.10. ③ 毛利, 金: 環境騒音における残留騒音レベルの推定, 土木学会関西支部誌, 1982.10. ④ 真壁: ワイブル確率紙の使い方, 日本規格協会, 1966.

表-1 分布パラメータの分析結果

| 要因                       | カテゴリー         | サンプル数 | パラメータ $m$ |      |       | パラメータ $\eta$ |       |       |
|--------------------------|---------------|-------|-----------|------|-------|--------------|-------|-------|
|                          |               |       | カテゴリースコア  | レンジ  | 偏相関係数 | カテゴリースコア     | レンジ   | 偏相関係数 |
| 交通量<br>(台/5分)            | 2 以下          | 48    | -0.54     |      |       | -6.26        |       |       |
|                          | 3 - 10        | 48    | -0.45     |      |       | -2.20        |       |       |
|                          | 11 - 29       | 29    | -0.21     | 2.26 | 0.64  | 1.36         | 14.50 | 0.72  |
|                          | 30 - 50       | 31    | 0.35      | (1)  | (1)   | 3.28         | (1)   | (1)   |
|                          | 51 - 90       | 19    | 0.46      |      |       | 5.36         |       |       |
|                          | 91 以上         | 20    | 1.71      |      |       | 8.24         |       |       |
| 用途地域                     | 第1種住居         | 44    | 0.04      |      |       | -1.64        |       |       |
|                          | 第2種住居         | 41    | -0.14     |      |       | -0.53        |       |       |
|                          | 住居地域          | 41    | -0.27     | 0.62 | 0.25  | -0.20        | 3.57  | 0.22  |
|                          | 商業地域          | 29    | 0.02      | (6)  | (6)   | -1.93        | (7)   | (8)   |
| 家屋密度<br>(世帯数)            | 工業地域          | 40    | 0.36      |      |       | -0.07        |       |       |
|                          | 600 以下        | 25    | -0.19     |      |       | -3.88        |       |       |
|                          | 601 - 800     | 45    | 0.12      |      |       | -1.07        |       |       |
|                          | 801 - 1100    | 40    | 0.46      | 0.96 | 0.29  | 0.20         | 6.86  | 0.37  |
| 道路面積<br>( $m^2$ )        | 1101 - 1600   | 35    | -0.50     | (5)  | (5)   | -0.34        | (3)   | (3)   |
|                          | 1601 以上       | 50    | -0.03     |      |       | 2.98         |       |       |
| 事業所数<br>(箇所)             | 200 以下        | 40    | 0.20      |      |       | -0.77        |       |       |
|                          | 201 - 300     | 35    | 0.53      |      |       | 2.97         |       |       |
|                          | 301 - 400     | 55    | -0.08     | 0.98 | 0.03  | 0.03         | 4.70  | 0.30  |
|                          | 401 - 500     | 35    | -0.26     | (4)  | (4)   | -0.64        | (5)   | (5)   |
|                          | 501 以上        | 30    | -0.45     |      |       | -1.73        |       |       |
|                          | 30 以下         | 50    | -0.26     |      |       | -0.83        |       |       |
| 延床面積<br>( $m^2$ )        | 30 - 60       | 45    | -0.20     |      |       | 0.07         |       |       |
|                          | 61 - 120      | 25    | 0.06      | 0.56 | 0.21  | -0.84        | 2.95  | 0.25  |
|                          | 121 - 220     | 35    | 0.25      | (7)  | (8)   | -0.72        | (8)   | (7)   |
|                          | 220 以上        | 40    | 0.30      |      |       | 2.11         |       |       |
|                          | 600 以下        | 45    | -0.39     |      |       | 2.42         |       |       |
|                          | 601 - 900     | 40    | -0.38     |      |       | -0.92        |       |       |
| 業務施設<br>床面積<br>( $m^2$ ) | 901 - 1000    | 40    | -0.10     | 1.40 | 0.40  | -0.35        | 4.50  | 0.29  |
|                          | 1001 - 11.500 | 30    | -0.11     | (2)  | (2)   | -2.08        | (6)   | (6)   |
|                          | 11.501 以上     | 40    | 1.01      |      |       | 0.11         |       |       |
|                          | 100 以下        | 45    | 0.66      |      |       | 4.39         |       |       |
|                          | 100 - 300     | 35    | 0.28      |      |       | 2.10         |       |       |
|                          | 301 - 950     | 40    | -0.04     | 1.22 | 0.39  | -0.25        | 8.11  | 0.49  |
| 工業施設<br>床面積<br>( $m^2$ ) | 951 - 4850    | 30    | -0.57     | (3)  | (3)   | -3.22        | (2)   | (2)   |
|                          | 4851 以上       | 45    | -0.46     |      |       | -3.72        |       |       |
|                          | 0 以下          | 75    | -0.04     |      |       | -1.64        |       |       |
|                          | 500 以下        | 30    | 0.05      |      |       | -2.12        |       |       |
|                          | 501 - 2000    | 30    | 0.05      | 0.33 | 0.12  | 2.78         | 4.91  | 0.34  |
|                          | 2001 - 3000   | 30    | 0.08      | (9)  | (9)   | 2.71         | (4)   | (4)   |
| 総合工事<br>所数(箇所)           | 3001 以上       | 30    | -0.19     |      |       | 0.72         |       |       |
|                          | 0             | 55    | 0.12      |      |       | -0.64        |       |       |
|                          | 1             | 30    | 0.14      |      |       | 0.43         |       |       |
|                          | 2, 3          | 35    | -0.40     | 0.54 | 0.22  | 0.23         | 2.27  | 0.19  |
|                          | 4, 5          | 40    | 0.07      | (8)  | (7)   | 1.25         | (9)   | (9)   |
|                          | 6             | 35    | -1.03     |      |       | -1.03        |       |       |
| 平均値                      |               |       | 1.97      |      |       | 12.16        |       |       |
| 重相関係数                    |               |       | 0.75      |      |       | 0.79         |       |       |

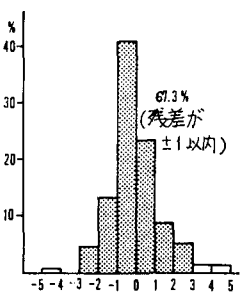


図-4 パラメータ  $m$  の残差

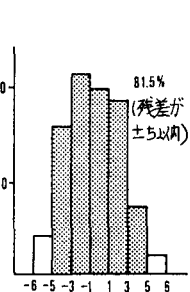


図-5 パラメータ  $\eta$  の残差

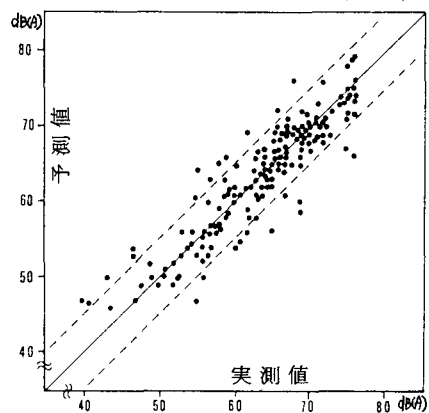


図-6 実測値と予測値との関係( $L_{eq}$ )