

# 環境騒音のデータ分析

渡辺 丕俊

(平成9年10月2日受理)

## An Analysis of the Magnitude of Environmental Noise

Hirotoishi WATANABE

(Received on October 2, 1997)

### 1. はじめに

環境騒音に関する苦情の件数は、よく知られているように様々な環境公害のうちで最も多い。中でも道路交通が最も大きな騒音発生源であり、東京都内の幹線道路のほとんどは騒音規制値を満たしていない。しかし、実効ある適切な対策はなかなかとれない。騒音は人間の聴覚に因るものであり感じ方は聞く者の感覚、情緒により大きな差がある。そのため「騒々しさ」を相互で客観的に理解するには測定値により数値的に表すことが必要となる。しかし世間一般にはデシベルやホンと言う単位を始めとする環境騒音の理解を助ける教育はあまり普及していない。さらに、瞬間毎に変動する騒音は、測定器を使用してその値を読めばそれですぐ結論が出せるというものでなく、データをどのように分析するか知っていかなくてはならない。騒音測定は様々な環境測定の中でもいろいろ知識<sup>1), 2)</sup>を必要とすることが多く、その分析は騒音測定の専門家に任されてしまう。こうした事情から、騒音に悩まされることが多い割に対応は貧弱にならざるを得ない。

先頃著者の研究室の卒業研究で、高橋<sup>3)</sup>は環境騒音の測定を行った。幹線道路交差点沿いにある高橋の自宅周辺の騒音がどのようなものであるのか、を通して住宅の環境騒音に興味を持ったことが動機であった。高度な測定器を使えばいくらかでも複雑な解析は可能である。しかし、それでは市民レベルでの測定から乖離してしまう。卒業研究報告書<sup>3)</sup>の参考文献にあるようにいろいろな参考書やアドバイス、支援を受けて<sup>4)</sup>調査を行った結果、多くの興味ある資料をまとめ上げることができた。測定値の整理にはパーソナル・コンピュータのデータベ-

ス・ソフトを用いた<sup>5)</sup>。

報告書<sup>3)</sup>の作成段階では測定値の数値分析を行うには至らなかった。騒音測定とその分析方法が確立され、計算機のプログラム化がなされていれば、即時に自動的な数値分析が可能である。しかし見方を転じれば、自動化されたプログラムでは興味に応じたいろいろな観点の解析を行い難くするとも言える。そこで著者は特別なプログラムがなくても分析できるよう、よく普及しているパーソナル・コンピュータの表計算のアプリケーション・ソフト<sup>6)</sup>を使用してデータの数値解析を行ってみた。

### 2. 測定方法

騒音測定は高橋の自宅周辺、東京都台東区根岸3丁目の尾竹橋通りと尾久橋通りのT字交差点の周辺で行った。この2つの道路は往復4車線の幹線道路である。測定点は図1に示したように12カ所とり、1番から12番までの番号で表した。

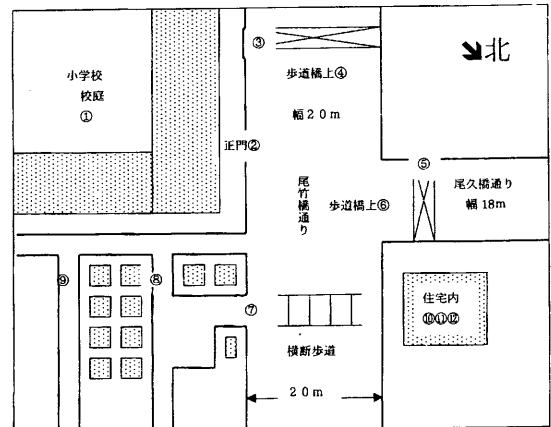


図1 測定地点①から⑫の概略図

①は小学校校庭, ②は小学校正門前で道路沿い, ③は尾竹橋通り歩道橋のもと, ④は尾竹橋通り地上5.1mの高さにある歩道橋の上, ⑤は尾久橋通り歩道橋のもと, ⑥は尾久橋通り地上5.1mの高さにある歩道橋の上, ⑦は尾竹橋通り横断歩道手前, ⑧は尾竹橋通りから一本目路地, ⑨は二本目路地, ⑩は交差点沿い住宅2階のベランダ, ⑪は4階のベランダ, ⑫は同じ住宅2階の室内である。後述の表3にそれぞれの観測地点の幹線道路からのおよその距離が示してあるが, その値は幹線道路の地上の車線を基準として測った概数である。

測定の本番は1996年12月14日朝9時頃からと昼1時頃か

ら, さらに夕刻5時頃からの3つの時間帯に行った。1回の測定は5秒間隔で100回騒音計の目盛りを読みとった。A特性を使いFastで測定した。詳しい測定状況は卒業研究報告<sup>3)</sup>に記載されている。

測定は100回瞬間値をサンプリングし, 時間率騒音測定の方法で整理した。具体的な整理の手順は以下のようになる。(1)データベース・ソフトでまとめられた測定データを表計算ソフトに移行する。(2)1デシベルの区間毎の頻度, 累積頻度を求め, それをグラフ化する。この際表計算ソフトの数値分析ツールとして用意されているヒストグラム作成機能<sup>6)</sup>を活用すると容易に実行できる。

表1 No. 3の測定値のデータ整理表

1位 (回数)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10位 0	72.6	60.9	59.0	65.4	73.8	69.1	62.4	68.8	75.1	70.3
10	67.6	65.9	72.8	66.4	77.5	75.6	71.9	79.0	73.5	79.2
20	75.1	89.1	59.0	60.8	73.5	61.7	71.0	68.9	63.6	70.0
30	65.1	69.4	68.8	69.9	73.7	80.9	72.4	73.3	71.5	71.1
40	65.6	67.7	70.6	70.8	59.3	57.8	60.1	63.1	65.9	63.2
50	67.3	71.8	70.0	67.7	76.8	70.0	70.1	72.8	79.2	72.0
60	72.1	63.5	67.0	75.1	70.6	60.7	59.5	68.6	64.9	64.0
70	62.8	62.5	62.0	72.4	67.5	67.8	65.9	66.9	73.0	68.2
80	76.7	74.0	70.5	69.5	69.9	68.0	66.8	63.8	67.3	64.2
90	67.2	64.6	69.4	67.6	70.3	74.5	76.2	73.0	76.1	69.9

(1)No. 3騒音測定値一覧(時系列) [dB(A)]値

1位 (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10位 50								0	1	2
60	2	4	2	3	6	3	6	4	10	5
70	10	8	5	8	6	1	4	4	1	1
80	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1									

(2)No. 3測定値頻度一覧

1位 (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10位 50								0%	1%	3%
60	5%	9%	11%	14%	20%	23%	29%	33%	43%	48%
70	58%	66%	71%	79%	85%	86%	90%	94%	95%	96%
80	98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
90	100%									

(3)No. 3測定値累積頻度率一覧

一例として、表1に第2測定点である小学校正門前で朝行われたNo.3測定値の整理の仕方を示した。表1の(1)は時系列を追った100個の読みとりデータ、(2)は1デシベル区間毎の頻度、(3)は低い騒音からの累積頻度を表されている。図2に頻度と累積頻度をグラフ化した。

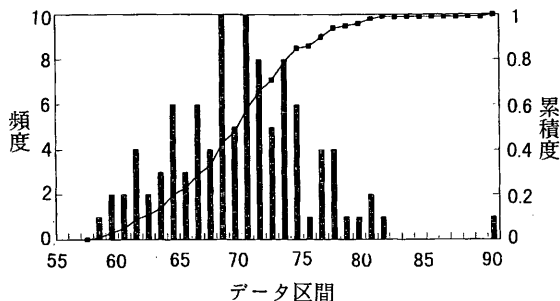


図2 No. 3資料の頻度と累積度

ちなみに時間率騒音レベル  $L_x$  はこのグラフ上で、累積頻度率  $x$  パーセントの直線と、滑らかにたどった累積度数曲線の交点として求めることができる。しかしながら、測定値のばらつきが大きい場合にはこの累積度数曲線を滑らかに描くことは難しい。近似曲線の描き方によって  $L_x$  の値に不確かさが起きる可能性があるが、簡単な多項式では近似曲線を広い範囲にわたり表すことはできない。可能性のある近似曲線の候補としては正規分布の累積曲線が考えられるが<sup>7)</sup>、正規分布累積曲線を使ってどの程度今回の測定値を表すことができるか定かではない。そこで、まず始めに測定値の累積度数曲線を正規分布累積曲線と仮定し、どの程度正確に表されるかを調べてみることにした。

### 3. データ解析

累積度数率  $x$  から正規分布累積関数の逆関数を用い、正規分布の正規化された独立変数  $y$  を求める<sup>8)</sup>。これを縦軸とし、騒音の区分値を横軸として描いたグラフの例を図3に表した。y軸の上にそれに相当する時間率騒音レベル  $L_x$  の目盛りが示されている。すなわちこれは正規確率グラフ用紙となっている。

このグラフでは騒音59dBから79dBまでの値を採った。上端と下端近くの値はサンプル数も少なく、正規分布から大きくずれる可能性が高い。そのずれは近似線に大きなずれを生じてしまう。そこで、累積率が上位5%以上を越える最近接のデータまで採用する場合(ケース1)

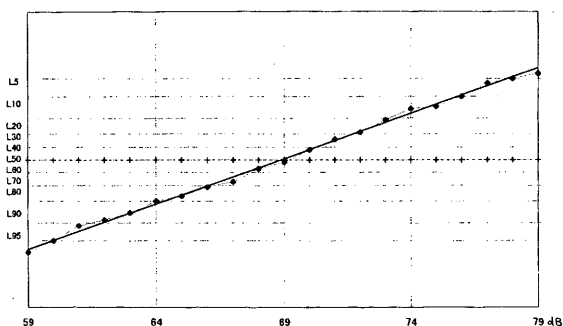


図3 No. 3騒音測定値と正規確率の比較

と、データ全体を使った場合(ケース2)の2つの近似線について調べてみた。図3はケース1の場合にグラフをプロットしたものである。これから分かるように驚くほどによく直線上に乗っている。この近似直線の近似度は決定係数  $R^2$  で表すことができる。ちなみに  $R^2$  の定義は以下の通りであり、1に近いほど近似が正しいことになる。

$$R^2 = 1 - \frac{u}{v}$$

$$v = \sum (x_i - \bar{x}_i)^2, \quad u = \sum x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum x_i \right)^2$$

ここで  $x_i$  は測定値、 $\bar{x}_i$  は近似式の値を示す。ケース1の近似線を使って  $L_x$  その他の統計値を求めた。その例を表2に示してある。ケース1の場合の近似線からのずれを表す  $R^2$  を  $R_1^2$  とし、ケース2の近似線の場合のそれを  $R_2^2$  で表した。

こうして分析した値をまとめ表にしたものを表3に示した。この表から分かるように  $R_1^2$ 、 $R_2^2$  とともに多くの場合0.98以上であり、正規分布が妥当な近似であることが分かる。表で  $\sigma$  は測定値の標準偏差を表す。

さらに表3には等価騒音レベル  $L_{eq}$  が記されている。この値は測定値から次の式により求めた。

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{n} \sum 10^{(L_i/10)} \right\}$$

ところで、この値は累積頻度分布が正規分布の累積曲線に一致する場合、次の値  $L_{eq}^n$  と等しくなる。

$$L_{eq}^n = L_{50} + 0.115 \sigma^2$$

そこで、 $L_{eq}$  と  $L_{eq}^n$  を軸の値とするとするグラフを図4に示した。

表2 No.3の測定値の統計表 [dB] 値

平均	$\sigma$	最大	最小	$L_5$	$L_{10}$	$L_{20}$	$L_{30}$	$L_{40}$	$L_{50}$	$L_{60}$	$L_{70}$	$L_{80}$	$L_{90}$	$L_{95}$
69.1	5.5	89.1	57.8	77.8	75.9	73.5	71.7	70.2	68.9	67.5	66.0	64.3	61.8	59.9

表3 測定値分析一覧表

地点距離	測定No	時間帯	平均dB	最大	最小	$\sigma$	$L_5$	$L_{10}$	$L_{50}$	近似 $R_1^2$	近似 $R_2^2$	Leq
1	m 30	2 朝	50.3	59.6	42.5	2.38	53.5	52.8	50.3	0.991	0.938	51.1
		14 昼	48.7	59.0	43.0	2.86	53.9	52.8	48.7	0.913	0.917	49.9
		26 夕	49.3	65.8	42.1	4.36	57.8	56.0	50.0	0.886	0.898	52.8
2	5	3 朝	69.1	89.1	57.8	5.50	77.8	75.9	68.8	0.997	0.996	73.6
		15 昼	68.7	98.0	43.2	6.17	76.6	74.8	68.5	0.996	0.910	78.9
		27 夕	68.3	78.3	55.9	4.58	76.1	74.3	68.1	0.987	0.989	70.4
3	5	4 朝	70.4	84.1	51.8	4.74	78.4	76.8	70.8	0.979	0.944	73.2
		16 昼	67.3	77.4	58.6	4.47	75.1	73.4	67.6	0.982	0.984	69.6
		28 夕	68.4	76.1	58.4	3.79	74.4	73.1	68.5	0.973	0.980	70.0
4	5	5 朝	69.2	88.0	59.7	4.60	76.0	74.4	68.8	0.989	0.993	72.7
		17 昼	67.7	82.1	57.9	4.18	73.8	72.3	67.2	0.986	0.989	69.9
		29 夕	67.3	76.4	59.9	3.41	72.9	71.6	67.1	0.989	0.992	68.7
5	5	6 朝	69.0	78.5	59.3	4.06	75.6	74.1	68.8	0.988	0.992	70.8
		18 昼	68.6	85.7	57.2	5.23	77.2	75.3	68.6	0.994	0.993	72.2
		30 夕	69.2	77.5	56.6	4.47	76.6	74.9	69.1	0.982	0.983	71.1
6	5	7 朝	68.5	93.7	57.0	4.83	74.7	73.2	67.9	0.995	0.992	75.3
		19 昼	66.6	79.5	56.0	4.23	73.4	71.8	66.4	0.986	0.990	68.8
		31 夕	66.1	86.1	52.3	4.55	72.5	70.9	65.4	0.939	0.937	69.7
7	5	8 朝	64.7	76.5	56.0	4.42	72.5	70.8	65.0	0.986	0.988	67.1
		20 昼	65.7	76.3	56.1	3.84	72.4	71.0	66.0	0.981	0.989	67.5
		32 夕	65.4	78.8	57.0	4.83	73.9	72.0	65.7	0.962	0.969	68.5
8	20	9 朝	56.1	65.9	47.0	3.52	62.1	60.8	56.2	0.991	0.993	57.6
		21 昼	53.4	60.6	43.6	3.15	58.6	57.4	53.4	0.997	0.985	54.5
		33 夕	53.7	66.4	45.1	4.02	60.0	58.6	53.4	0.989	0.992	55.7
9	40	10 朝	52.3	63.9	44.9	4.92	61.2	59.3	52.6	0.935	0.935	55.5
		22 昼	43.3	60.9	37.7	3.44	48.4	47.3	43.4	0.951	0.928	46.0
		34 夕	45.7	65.1	39.8	4.44	53.4	51.7	45.7	0.915	0.919	49.8
10	10	11 朝	55.8	67.7	47.4	3.60	61.3	60.1	55.9	0.977	0.975	57.8
		23 昼	52.2	63.5	42.4	3.23	56.9	55.8	52.0	0.997	0.974	53.5
		35 夕	52.0	61.7	46.2	2.93	56.7	55.7	51.9	0.991	0.987	53.1
11	10	12 朝	55.3	62.5	49.6	2.40	59.5	58.6	55.3	0.990	0.993	55.9
		24 昼	53.3	60.0	48.1	2.51	57.4	56.5	53.3	0.996	0.996	54.0
		36 夕	54.4	72.8	47.1	3.35	58.9	57.9	54.3	0.990	0.970	57.2
12	10	13 朝	44.6	65.7	44.1	3.01	48.5	47.6	44.3	0.984	0.984	48.3
		25 昼	37.7	43.8	31.3	3.90	44.3	42.9	38.1	0.927	0.946	39.7
		37 夕	34.5	43.6	28.5	3.27	39.7	38.5	34.4	0.986	0.986	35.8

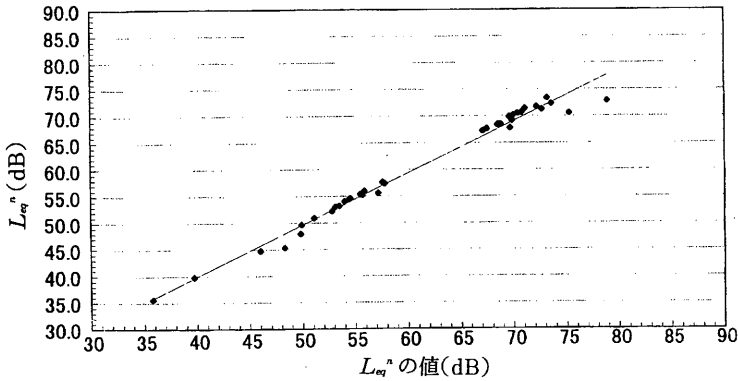


図4  $L_{eq}^A$ と正規分布を仮定した  $L_{eq}^A$ 比較

4. データ分析のまとめ

こうした測定値の分析から知られた主なことを箇条書きにしてみると以下ようになる。

- (1) 正規累積分布の近似線はこのたびの騒音測定に大変有効であった。従って正規累積分布を近似線として用い  $L_x$  を求めることには大きな意味があると推定される。道路交通騒音に関したいろいろなモデル計算が行われている<sup>7)</sup>。しかし、車間距離が等間隔モデルにせよ、指数間隔関数モデルにせよ正規分布の説明としては不十分であり、この調査のように結果的に正規分布になっていることから考えると、4車線もあり、車間距離も速度も音源もランダムである結果として正規分布に近づくと考えられる。今回の測定は交通騒音の寄与が大部分を占めている。そこで他の環境騒音の影響が大ききときにはそれぞれを重ね合わせて分析することが必要となることが理解できる。
- (2) 図4の  $L_{eq}$  のグラフからも正規分布の仮定が妥当であることが分かる。この仮定が不適当となるのは  $L_{eq}$  の定義からも分かる通り極めて高いレベルの騒音が

発生した場合であり、実際の測定中の聞き取りではオートバイが極く道路際を走行した場合とか、自動車が急ブレーキを掛けタイヤの摩擦音が発生した場合に相当している。

- (3) 幹線道路からの距離によりどのように騒音に変化するか調べた。それを知るのに適当なのは測定点番号が5, 6, 7での測定値である。朝, 昼, 夕のそれぞれの  $L_s$  と  $L_{50}$  をグラフに示したのが図5である。騒音レベルの距離  $r$  に依存する項を、

$$L \propto 10 \log_{10} \frac{1}{r^s}$$

と仮定すると図5から  $s$  は2に近い。これは騒音の拡散が3次元的であることを示している。等間隔モデル(日本音響学会式)をはじめとしてモデル的に考えると本来  $s$  の値は1に近いはずである。測定地点2, 3と5との測定値の差に配慮すると、騒音が3次元的になる理由としては尾久橋通りと尾竹橋通りの交差点を中心として騒音が広がっていることなどが考えられる。

- (4) その他の特色として、測定地点1の小学校の校庭での測定値は小学校の5階建ての校舎が防音壁となり3dBだけ値が低くなっている。測定地点4や6での歩道橋の上は橋のたもとよりむしろ低い。測定地点10と11のように階の少しの違いでは騒音の値に変化は見られない。などを知ることができる。

以上のように今回は正規分布の累積関数を中心に騒音測定値の分析を行ったが、それらの妥当性をさらに追求していくことが今後の課題である。

先に述べたとおり、騒音に対する理解は単に測定器を用いてデータを収集したり、既存のプログラムによりそれを分析しただけでは深まらない。数値に埋もれてしまい実態に迫ることが難しくなる。そうした意味から今回

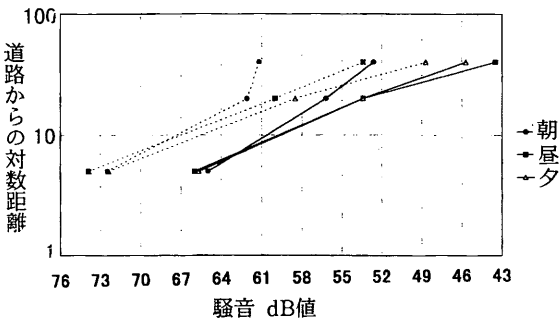


図5 道路からの距離と騒音  
実線は  $L_{50}$ 、破線は  $L_s$

のように身近な騒音の測定やその分析の実践はそれなりに大切であり、その普及が必要であることを理解できた。

### 謝 辞

この研究において練馬区役所環境保全課小野嘉章氏より資料を教えて頂いたことや、卒業研究のために学生の指導を頂いたことを感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 通産省立地公害局監修：新訂・公害防止対策要説 [騒音・振動編]，丸善（株），1992
- 2) 中野有朋：騒音対策における計測分析技術の役割，PPM,1994,11,p20
- 3) 高橋香織：環境騒音の実態（東京家政大学，卒業研究報告書），1997
- 4) 練馬区：「ねりま・いい音の街」事業 [報告書]，1994
- 5) データベース・ソフトとしてACCESS（Microsoft社）を使用。
- 6) 表計算ソフトとしてはEXCEL（Microsoft社）を使用。
- 7) 日本音響学会編：騒音・振動（上）（下），コロナ社，1982
- 8) 正規分布累積関数の逆関数としてEXCELの内蔵関数 NORMSINV（ ）を使用。