

## 論文

### 総合的な居住環境に及ぼす騒音の影響

大塚定男  
(大気環境部)

#### Original

#### Noise Effect to the Total Residential Environment

Sadao Otsuka  
(Air Pollution Research Section)

#### Summary

The psychological structure to evaluate living comfortableness is hard to be assumed, because diverse factors have to do with it complicatedly.

This report considered the position of noise in the factors which is seemed to contribute living comfortableness, using the multiattribute utility function method (MAUFM).

MAUFM which is mainly used in the area of Economy is created by R.L.Keeney. It is useful to solve modern complicated analysis of decision making.

This method includes the following three steps, and the solving procedure is clear.

1. formularization of problem
2. calculation of the single-attribute utility function
3. evaluation of the scaling constant

As a result that the questionnaire was performed for 20 subjects and MAUFM was applied to its sampled data, it was able to express the psychological structure with the model taking two layers. And it could be shown that the noise affects the evaluation of living comfortableness to a certain degree (about 10% of total evaluation values in this experiment).

#### 1. はじめに

住みやすさに寄与していると考えられる要因の中で、騒音が占める位置について、経済予測の分野で多く使われている多重属性効用関数法を用いて調査を行った。

多重属性効用関数法の騒音評価に対する適用については既に河野等により、その方法を含めて詳細に発表されている。<sup>1)</sup>

ここではそれを利用し、また各要因間の関係の把握も容易にするため、「住みやすさ」の意識構造を考えた。すなわち、「住みやすさ」に寄与すると考えられる要因を2階層に分け、これを構造的に把握することにより、住みやすさ全体の見通しを容易にすることを考えた。

また、直接「住宅価格」と騒音を比較し、その関係を明らかにすることを試みた。

2. 方法

2.1 多重属性効用関数法<sup>2),3)</sup>

はじめにある系(ここでは居住環境)を構成する要因について考える。例えば居住環境を構成する要因として、月間所得・通勤時間・夜間騒音を考える。

ある一つの要因が他の要因から独立であるとする、この要因が変化するに従ってその効用(満足度)も変化する。例えば月間所得であれば、所得が上がるに従って満足度も上がる。このように通常、要因と効用は単調増加(あるいは単調減少)の関係にある。あるいは一見複雑に見える関係も複数の単調関数に分解できることが多い。そこで要因と効用の関係をまず求めることにする。要因の最低値と最高値を与え、中間に値が求められれば、これら3点から効用関数式が求められる。中間値を求めるには50-50Lottery法という「くじ」を用いた評価法を用いる。また、式は直線式あるいは指数関数式に当てはめる。

50-50Lottery法は、ともに1/2の確率を持つ2つの事象を選択するくじと等価な(確実に得られる)値を調査対象者に聞く方法である。

要因と効用の関係を求めるとき、他の要因はこの要因の変化に対して独立でなければならない。(効用独立)

考慮したすべての要因に対して、評価式を求める。

つぎにこれら要因の評価式の系に及ぼす影響度の大きさを求める必要がある。そこで、要因相互に大きさを比較し、それぞれに係数を与えて適当な評価尺度を持つようにする。これにはいくつかの方法があるが、ここでは被験者に質問をし、その回答から重み付けをしている。

2つの要因を相互に比較するとき、他の要因が2要因の関係に対して独立でなければならない。(選好独立)

最後に、これら要因が系に対してどのような相互関係を持っているかを決定する。

キーニーの定理によれば、

事象  $X = X_1 \times \dots \times X_n, n \geq 3$  が定義されているとき、ある  $X_i$  に対して  $X_i \times X_j$  がすべての  $j \neq i$  に関して  $\bar{X}_{ij}$  から選好独立であり、かつ  $X_i$  が  $\bar{X}_i$  から効用独立であるならば、

$$U(x) = \sum_{i=1}^n k_i U_i(x_i), \sum_{i=1}^n k_i = 1 \quad (\text{加法型効用関数})$$

または

$$1 + kU(x) = \prod_{i=1}^n [1 + k k_i U_i(x_i)], \sum_{i=1}^n k_i \neq 1 \quad (\text{乗法型効用関数})$$

である。ただし、 $U(x)$ と $U_i(x)$ は0と1の間の値をとる基

準化された効用関数、 $k_i$ は  $0 < k_i < 1$  である比例定数、 $k$ は  $k > -1$  である非ゼロの比例定数である。

従って、 $\sum_{i=1}^n k_i$ が近似的に1になるかどうかで、加法型か乗法型かを決定する。得られた $U(x)$ が個人における効用関数式である。(図1参照)

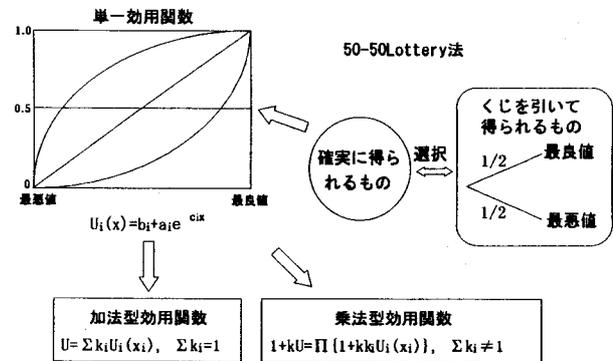


図1 多重属性効用関数法の原理

2.2 調査方法

25~45才の男性20名を対象にアンケート調査を行い、その結果から多重属性効用理論に基づき、環境要因に対する評価関数 $U(x)$ を導出した。

被験者はいずれも地方公務員で、県内の住宅地に居住している者が多い。所得水準にも大きな差がなく、生活レベルに関しては比較的均質である。

アンケートはパソコン画面でのマウス入力操作により回答する方式をとった。この方式だと前に行った回答をおぼえていない可能性が高く、回答に一貫性が得られない恐れがあるため、随時前の質問項目に対する回答を表示させるようにした。

ここで行ったアンケート調査に取り上げた要因から仮定した心理構造は図2のようなものである。

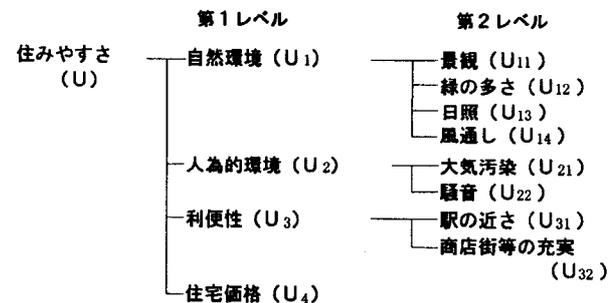


図2 居住環境評価における階層意識構造

単一属性効用関数は下記の式を持つ。

$$U(x) = K + Ae^{Cx}$$

ここでは $U(x)$ 要因 $U$ に関する単一属性効用関数、 $x$ は個々の要因の変数 $K, A, C$ は定数である。

ただし、 $x$ が最小値で最大の効用値、最大値で最小の

効用値を持つときは

$$U(x) = K + Ae^{C(1-x)}$$

また、直線近似の場合にはそれぞれ

$$U(x) = x$$

$$U(x) = 1 - x$$

ここで  $U_i(x)$  を  $U_i$  と記述することになると、多重属性効用関数は

第1レベル：

$$(加法的型) Y = k_1 U_1 + k_2 U_2 + k_3 U_3$$

$$(乗法的型) 1 + kY = (1 + kk_1 U_1) (1 + kk_2 U_2) (1 + kk_3 U_3)$$

第2レベル：

$$(加法的型) U_1 = k_{11} U_{11} + k_{12} U_{12} + k_{13} U_{13}$$

$$U_2 = k_{21} U_{21} + k_{22} U_{22}$$

(乗法的型)

$$1 + k_{10} U_1 = (1 + k_{10} k_{11} U_{11}) (1 + k_{10} k_{12} U_{12}) (1 + k_{10} k_{13} U_{13})$$

$$1 + k_{20} U_2 = (1 + k_{20} k_{21} U_{21}) (1 + k_{20} k_{22} U_{22})$$

また、騒音レベルを  $L$ 、住宅価格を  $p$  とすると、騒音レベルと住宅価格の要因に関する変動値は以下のように変換できる。

$$x_{22} = 1 - \frac{L - L_0}{L_1 - L_0} \quad L_1: \text{最高レベル (dB(A))}$$

$L_0: \text{最低レベル (dB(A))}$

$$x_4 = 1 - \frac{p - p_0}{p_1 - p_0} \quad p_1: \text{最高住宅価格 (円)}$$

$p_0: \text{最低住宅価格 (円)}$

騒音と住宅価格について考える。騒音の要因(指標)が1単位増加することにより、騒音に関する効用水準が減少する。このとき、住みやすさの効用水準を変わず維持するためには、住宅価格の効用水準を増加させなければならない。これは住宅価格を減少させることを意味する。住宅価格： $p$ 、騒音： $L$ とすると、 $\frac{\partial p}{\partial L}$ を求めることにより意識構造における騒音と住宅価格を知ることが出来る。すなわち、騒音レベル1dB(A)増加することにより必要となる住宅価格の減少量を求めることができる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial L} &= \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{\partial p}{\partial Y} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial L}}{\frac{\partial Y}{\partial p}} \\ &= \frac{\frac{\partial x_{22}}{\partial L} \cdot \frac{\partial U_{22}}{\partial x_{22}} \cdot \frac{\partial U_2}{\partial U_{22}} \cdot \frac{\partial Y}{\partial U_2}}{\frac{\partial x_3}{\partial p} \cdot \frac{\partial U_3}{\partial x_3} \cdot \frac{\partial Y}{\partial U_3}} \end{aligned}$$

ここで

$$\frac{\partial U_{22}}{\partial x_{22}} = 1 \quad (\text{直線近似})$$

$$\frac{\partial U_{22}}{\partial x_{22}} = A_{22} C_{22} e^{C_{22} x_{22}} \quad (\text{指数関数})$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial U_{22}} = k_{22} \quad (\text{加法的型})$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial U_{22}} = k_{22} (1 + k_{20} k_{22} U_{22}) \quad (\text{乗法的型})$$

$$\frac{\partial Y}{\partial U_2} = k_2 \quad (\text{加法的型})$$

$$\frac{\partial Y}{\partial U_2} = k_2 (1 + kk_1 U_1) (1 + kk_3 U_3) \quad (\text{乗法的型})$$

$$\frac{\partial U_3}{\partial x_3} = 1 \quad (\text{直線近似})$$

$$\frac{\partial U_3}{\partial x_3} = A_{33} C_{33} e^{C_{33} x_3} \quad (\text{指数関数})$$

$$\frac{\partial Y}{\partial U_3} = k_3 \quad (\text{加法的型})$$

$$\frac{\partial Y}{\partial U_3} = k_3 (1 + kk_1 U_1) (1 + kk_2 U_2) \quad (\text{乗法的型})$$

### 3. 調査結果

#### 3.1 効用関数式の算出

各被験者のアンケート調査回答から各効用関数を算出した。ここでは各人の回答の平均から、平均としての各効用関数を算出して示した。

ここで、回答の平均は2者択一もしくは3者択一の場合には最も多くの被験者が選んだ選択肢を採用し、数値回答の場合には被験者全員の回答した数値の算術平均を採用した。

平均値による単一属性効用関数式及び多重属性効用関数式を以下に示す。

NAME:MEAN DATA

多重属性効用関数式：

$$1 - 0.748 U(x) = (1 - 0.310 U_1(x)) (1 - 0.327 U_2(x)) (1 - 0.286 U_3(x)) (1 - 0.240 U_4(x)) \quad (1)$$

$$1 - 0.777 U_1(x) = (1 - 0.211 U_{11}(x)) (1 - 0.244 U_{12}(x)) (1 - 0.459 U_{13}(x)) (1 - 0.309 U_{14}(x)) \quad (2)$$

$$1 + 0.510 U_2(x) = (1 + 0.193 U_{21}(x)) (1 + 0.266 U_{22}(x)) \quad (3)$$

$$U_3(x) = 0.599 U_{31}(x) + 0.447 U_{32}(x) \quad (4)$$

単一属性効用関数式：

$$U_{11}(x) = 2.122 - 2.122 e^{(-0.637 x_{11})}$$

$$U_{12}(x) = 2.496 - 2.496 e^{(-0.512 x_{12})}$$

$$U_{13}(x) = 1.754 - 1.754 e^{(-0.844 x_{13})}$$

$$U_{14}(x) = 1.512 - 1.512 e^{(-1.083 x_{14})}$$

$$U_{21}(x) = 2.661 - 2.661 e^{(-0.471 x_{21})}$$

$$U_{22}(x) = 1.637 - 1.637 e^{(-0.944 x_{22})}$$

$$U_{31}(x) = 2.877 - 2.877 e^{(-0.427 x_{31})}$$

$$U_{32}(x) = 4.806 - 4.806 e^{(-0.233 x_{32})}$$

$$U_4(x) = 5.965 - 5.965 e^{(-0.184 x_4)}$$

住みやすさの評価関数  $U(x)$  を図2の要因により求めることができる一連の式を、多重属性効用関数法により、導くことができた。

式(1)~(4)の係数を比較することにより、各要因間の重要度が明らかになる。

第1レベルの4要因「自然環境変化」「人為的環境変化」「利便性」「住宅価格」の間では「人為的環境変化」が最も大きく、次いで「自然環境変化」「利便性」「住宅価格」の順になっていた。これは現在の場所に居住を開始してあまり時間の経っていない人を対象として調査しているため、「住宅価格」は問題にされず、「自然環境変化」「利便性」は既に居住している場所に関しては選択の余地があまり無いことによるものと考えられる。

「景観(眺望)」「緑の多さ」「風通し」「日照」の間では、「日照」>「風通し」>「緑の多さ」>「景観」の順で重視されていることがわかった。

「騒音」と「大気汚染」とでは、「騒音」>「大気汚染」の順であった。

また、利便性の中では「駅の近さ」>「商店街等の充実」であった。

### 3.2 現在の住みやすさに対する評価

アンケート中の満足度の回答と個々人の効用関数式  $U(x)$  から、現在住んでいる環境における住みやすさの評価値(効用値)が算出される。以下に個々人の評価値を示す。

0.474	0.844
0.943	0.970
0.528	0.906
0.142	0.880
0.866	0.849
0.890	0.846
0.912	0.892
0.785	0.628
0.744	0.954
0.978	0.907

平均：0.833

多少の例外はあるものの、現在の環境における住みやすさの評価はかなり高くなっていることがわかる。

### 3.3 騒音レベル変化に伴う住みやすさ評価値の変動

平均値により計算した多重属性効用関数式から、騒音  $U_{22}$  と住みやすさ  $U$  との関係性を求めた。図2において、騒音  $U_{22}$  を除くすべての第2レベルの要因及び第1レベ

ルの住宅価格要因  $U_4$  に平均値を代入し、騒音レベルを1dB刻みで変化させ計算した。結果を図3に示す。

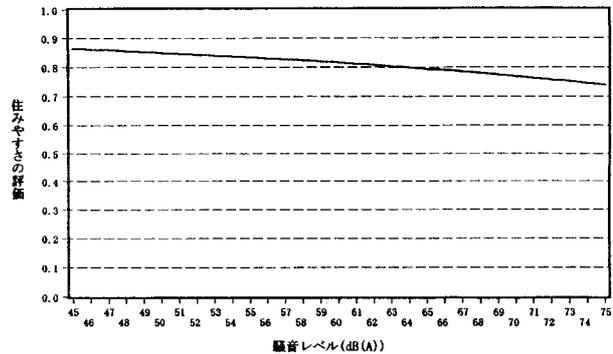


図3 騒音レベル変化に伴う住みやすさ評価値の変動

最低値の45dB(A)から最高値の75dB(A)まで、住みやすさの評価値  $U$  は単調に減少している。最高値と最低値における評価値  $U$  の差は約0.13であり、県内住宅地に居住する限り、騒音の大きい場所と静かな場所の住宅地周辺の騒音レベルの差はこれよりも小さくなると考えられる。

今回の意識構造の想定下では10%強の変化を生じたが、意識構造の想定仕方によっては変わることが考えられるため、要因の構造の想定の方法に関してさらに検討する必要がある。

### 3.4 騒音と住宅価格の関係

回答の平均から、騒音と住宅価格の関係を求めた。住宅価格の最低値、平均値、最高値における騒音レベルの変化に伴う住宅価格の推移を図4に示す。ここで騒音レベルの最低値を45dB(A)、最高値を75dB(A)とした。また、大気汚染に対する効用関数値を0.5として計算した。また、図中住宅価格の最高値、平均値、最低値は、アンケートの中で回答を求めた100㎡の土地・上屋の価格を平均したものである。

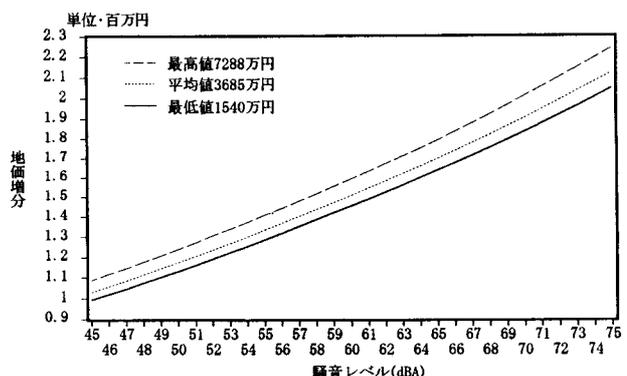


図4 騒音と住宅価格との関係

これらは、あるレベルにおいて1 dB(A)増加することによる住宅価格の下落必要量、すなわちレベルが増加することによる住宅価格下落量を示している。ここでは騒音レベルが高くなるほど1 dB(A)上がることによる住宅価格下落量が多くなっている。これは騒音レベルが高い場所ほど住宅価格を下げるべきであるという意志表示であるが、これは必ずしも全員の傾向ではなく、逆に低いレベルの場所ほど1 dB(A)の増減に敏感で住宅価格に影響すると考える人もいる。

#### 4. まとめ

多重属性効用関数法を「騒音に関する住民の意識構造の解析」の観点で検討をした。

今回の調査において新しく工夫した点は以下のとおりである。

- 1) 要因を多層構造にした。
- 2) 被験者に対し、アンケート調査をパソコン画面上で行わせた。

20名の被験者にアンケートを行った結果、以下のことが分かった。

- 1) 多重属性効用関数法により、「住みやすさ」を定量的に表現することができた。
- 2) 第1レベルの4要因「自然環境変化」「人為的環境変化」「利便性」「住宅価格」の間では「人為的環境変化」が最も大きく、次いで「自然環境」「利便性」「住宅価格」の

順になっていた。

「景観(眺望)」「緑の多さ」「風通し」「日照」の間では、「日照」>「風通し」>「緑の多さ」>「景観」の順で重視されていることがわかった。

「騒音」と「大気汚染」とでは、「騒音」>「大気汚染」の順であった。

また、利便性の中では「駅の近さ」>「商店街等の充実」であった。

- 3) 騒音レベル変化に伴う住みやすさの評価値の変動は今回の想定のもとでは、45dB(A)から75dB(A)の変化で、10%程度であった。
- 4) 現在の環境における住みやすさの評価は、かなり高くなっていることがわかる。
- 5) 騒音と住宅価格との関係考えた場合、平均では騒音レベルが高くなるほど1 dB(A)上がることによる住宅価格下落量が多くなっている。

#### 参考文献

- 1) 河野博忠・氷鉤揚四郎・吉田雅敏、「多属性効用論による公害(騒音)評価率の計測」、地域学研究7(1978)、pp.225~246
- 2) 瀬尾美巳子、多目的評価と意志決定(日本評論社、東京、1984)
- 3) 仲上健一、環境経済システム論(実教出版、東京、1986)