多属性効用関数を用いた住民の都市環境評価モデルの開発[†]

前 田 博*・村 上 周 太*

Development of Population's Urban Environment Evaluation Model with Multiattribute Utility Function

Hiroshi MAEDA* and Shuta MURAKAMI*

Urban planning should be evaluated not only from the side of administration, but also from the side of population in order to reflect population's opinions and their interests. It is surely necessary to include population's urban evaluation model in the urban decision-making process, which quantitatively represents population's value of urban life environment, and by introducing this model it would be easily accomplished to help deciding a plan which is sufficiently incorporated population's dissatisfaction with urban environment and their conflict between various interested groups and several subregions. In this paper, we propose the population's urban evaluation model and describe a method to construct the model and the practical application to Tobata ward in Kitakyushu city. The model is constructed by introducing an additive multiattribute utility function.

The method mainly consists of the following procedures.

- 1) Constructing a goal hierarchy of urban environment.
- 2) Gathering population's questionnaires which contain relative weights among goals and an unidimensional utility function in each goal.
- 3) Classifying population into several common interested groups based on their weights and utility functions. In this stage, principal component analysis is usefully applied.
- 4) Specifying a group utility function in each group.
- 5) Specifying the population's utility function by aggregating group utility functions. In

this stage, we propose three criterions on which individual utility functions are aggregated. One is *equality criterion*, another is *goal utility satisfying criterion*, and the other is *goal consequence satisfying criterion*.

As the result of application to Tobata ward, we obtained the population's urban evaluation model very well expressed problems which are currently confronted in Tobata and that, very effective informations about their welfare are obtained by their urban evaluations.

Keyword: multiattribute utility function, social welfare function, group decision, urban planning, urban environment evaluation model

1. はじめに

行政の意思決定過程に、住民意識をいかに反映させるかという問題は、開かれた行政という観点から、近年ますます重要視されている一方、自治体で現実に行われている方法論は、従来からの多岐選択方式のアンケート調査が主流であり、その多くが、住民の要望、現状評価の定性的な分析に留まっているといってもよいであろう。行政の使命である、住民の厚生増大とその公平な配分を、公正に、効率よく進めていくためには、住民が都市環境に対してもっている多様な価値意識を、定量的に把握することが不可欠であろうし、その結果を行政の意思決定に反映させてこそ、真の住民意識の反映につながると確信する。

このような、住民の価値意識の定量化問題は、いまだ一意的な方法論は確立されていないがその重要性は認識されつつあり、幾つかの試み^{1,2)}がなされている。

以上の観点から本研究は、住民の価値意識を定量的に表現しうる住民の都市環境評価モデルを、加法的多属性効用関数を用いて開発することを目的とする。

この分野における従来の研究では、Bauer^{3),4)}、小澤²⁾がある。Bauer は、所得階層によって分けられた集団

[†] 第6回システムシンポジウムで発表(昭55・7)

* 九州工業大学工学部 北九州市戸畑区仙水町 1-1

* Faculty of Engineering, Kyushu Institution of Technology, Kitakyushu

(Received November 19, 1981)

(Revised April 8, 1982)

の多属性効用関数が、仮設的に与えられ、それを住民からいかに導出するかについてはなんら言及していない。小澤は、広島市を事例として、住民意識調査を基にしているものの、属性間の合成が行政担当者によってなされる形式を取っており、純粋に住民の意識が反映されていない。また、都市住民全体が単一の評価モデルで表われ、住民の価値意識の多様性の表現には不十分であると思われる。

本論文では、住民の都市環境に対する嗜好構造調査から、加法的多属性効用関数を用いた住民の都市環境評価モデルの構築過程を述べる。ここで構築される評価モデルでは、類似の価値観をもつ人々を一つの利益集団と見なして、住民がどのような特質をもつ利益集団に分類されるのか、それらの利益集団の大きさはどれくらいか、利益集団間の満足度格差はどれくらいか、地域間での満足度格差はどれくらいかといった多様な情報を提供できるのが大きな特徴となっている。

最後に、本評価モデルを使って、都市環境の評価例を示し、モデルの有効性を検討する。なお、本研究は北九州市戸畑区を対象として実施されている。

2. 住民の都市環境評価モデルへの準備

この章では、住民の都市環境評価モデルを構築するための準備として、モデル化に当たっての理論的前提および、住民の都市環境嗜好構造調査について述べる。

2.1 モデル化の理論的前提

多属性効用理論は、意思決定者が対象としている複数の属性について、ある仮定を満たすならば、意思決定者の多属性効用関数が、各属性の1次元効用関数の関数で表わされることを述べたものである⁵⁾。

本論文では、1人の住民の都市環境に対する嗜好構造が加法的多属性効用関数

$$U(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot u_i(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \\ 0 \leq u_i(x_i) \leq 100 \quad (1)$$

で表わされることを仮定する。ここで、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ は n 個の属性の結果を表わすベクトル、 α_i は属性 i の重み、 $u_i(x_i)$ は属性 i の1次元効用関数である。

個人の嗜好構造の違いは、 α_i の大きさの違い、 $u_i(x_i)$ の形の違いとして表わされる。そこで、類似の $\alpha_i, u_i(x_i)$ を有する人々を集めると、一つの共通利益集団（以後、集団と略す）が形成されると考え、その集団の嗜好構造 $U_k(\mathbf{x})$ は、集団に属する人々の平均的な $\bar{\alpha}_{ik}, \bar{u}_{ik}(x_i)$ （後に定義する）を用いて

$$U_k(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \bar{\alpha}_{ik} \cdot \bar{u}_{ik}(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \bar{\alpha}_{ik} = 1 \quad (2)$$

で表わされるとする。

ところで、個人の嗜好を合成して一意的な社会的効用関数が決定されるかという問題に関して、アロウの一般不可能性定理による否定見解が存在する。しかしながら本論では、個人の嗜好が絶対的不動であるとするよりはむしろ、民主的社会生活が営まれていく過程で、社会内での協調、合意が十分可能であり、個人間の嗜好の超個人的比較を許容することによって、一意的な社会的効用関数が決定されうるとする立場⁶⁾に立つ。

さて、都市を p 地域に分割し、その中の地域 j に居住する人々が r 個の集団に分類できたとし、地域 j を代表する地域効用関数 $U^j(\mathbf{x}^j)$ の決定問題を考える。

地域 j の地域効用関数を

$$U^j(\mathbf{x}^j) = \sum_{k=1}^r \lambda_k \cdot U_k^j(\mathbf{x}^j), \quad \sum_{k=1}^r \lambda_k = 1, \\ \lambda_k \geq 0 \quad (3)$$

と仮定する。ここで、 $\mathbf{x}^j$ は地域 j での属性の結果を表わすベクトルであり、 $U_k^j(\mathbf{x}^j)$ は地域 j の集団 k の多属性効用関数で(2)式で表わされる。 λ_k^j は地域 j にとっての集団 k の嗜好の強さを示す係数である。

λ_k^j の決定方法は、対象地域に対する行政政策の目的によってさまざまに考えうるであろう。本モデルでは、ある基準によって設定された λ_k^j を用いて得られた、地域 j の住民の満足度に関する情報が、ある明確な意味をもって、行政の意思決定の一つの過程として役立っていかなければならないという視点から、つぎの三つの基準を提案する。

(1) 平等基準

この基準では、 λ_k^j を地域 j の集団 k に属する人の地域全体に対する人数比 β_k^j と設定する。したがって、個人がどの集団に属し、どのような満足度をもっているかは考慮されず、集団の大きさのみによって λ_k^j が設定される。すなわち、個人1人1人をまったく平等と考える立場にあり、弱者、少数者の特別な保護といった性格はもっていない。 $U^j(\mathbf{x}^j)$ は集団の効用と集団の構成比が荷重和されたもので、地域 j の住民の平均的満足度を表現していると解釈される。

(2) 目標満足度達成基準

この基準では λ_k^j は次式で定義される。

$$\lambda_k^j = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_{ik}^j \cdot \delta[\hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j)] \cdot \beta_k^j}{\hat{u}_i^j} \right)}{\sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_{ik}^j \cdot \delta[\hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j)] \cdot \beta_k^j}{\hat{u}_i^j} \right)}, \\ \delta[\hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j)] = \begin{cases} \hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j) & (\hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j) \geq 0) \\ 0 & (\hat{u}_i^j - u_{ik}^j(x_i^j) < 0) \end{cases}$$

$$\sum_{k=1}^r \beta_k^j = 1 \quad (4)$$

ここで、 $\hat{u}_i^j$ は地域 j における属性 i の満足度の政策目標水準であり、 $u_{ik}^j(x_i^j)$ は地域 j における集団 k の属性 i の 1 次元効用関数、 α_{ik}^j は属性 i の重みである。

$\hat{u}_i^j$ が閾値として作用するために、 $\hat{u}_i^j$ をすでに満たしている集団の効用は無視され、 $\hat{u}_i^j$ に達していない集団の効用についてのみ、 $\hat{u}_i^j$ までの距離とその集団の大きさが考慮されて λ_k^j が設定され、いわば、弱者（低満足度者）保護の立場を意味するものである。

(3) 目標尺度達成基準

この基準では、 λ_k^j は次式で定義される。

$$\begin{aligned} \lambda_k^j &= \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_{ik}^j \cdot \delta[\hat{x}_i^j - x_i^j] \cdot \beta_k^j}{\hat{x}_i^j} \right)}{\sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_{ik}^j \cdot \delta[\hat{x}_i^j - x_i^j] \cdot \beta_k^j}{\hat{x}_i^j} \right)} \\ &= \begin{cases} |\hat{x}_i^j - x_i^j| & \left(\begin{array}{l} \hat{x}_i^j \geq x_i^j \geq 0, u_i(\hat{x}_i^j) \geq u_i(x_i^j) \\ \text{or} \\ x_i^j \geq \hat{x}_i^j \geq 0, u_i(\hat{x}_i^j) \geq u_i(x_i^j) \end{array} \right) \\ 0 & \left(\begin{array}{l} x_i^j \geq \hat{x}_i^j \geq 0, u_i(\hat{x}_i^j) < u_i(x_i^j) \\ \text{or} \\ \hat{x}_i^j \geq x_i^j \geq 0, u_i(\hat{x}_i^j) < u_i(x_i^j) \end{array} \right) \end{cases} \\ \sum_{k=1}^r \beta_k^j &= 1 \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 $\hat{x}_i^j$ は地域 j における属性 i の結果の政策目標水準である。この基準設定の立場は基準(2)に類似しているが、属性の結果についての集団間の効用格差は無視され、集団間の属性の重要度の違いのみが考慮される。集団間の効用格差を無視してしまう欠点はあるものの、行政が整備しつつある社会指標などと直接結びつきやすく、行政担当者にとって現実的に理解しやすいという実用的な利点をもつ基準ともいえる。

つぎに、地域効用関数を統合して都市全体の効用関数を決定する問題も、地域での議論を都市全体に拡張し、地域における集団を都市における地域と見なし、都市全体の効用関数 $U^T(x^T)$ を次式で定義する。

$$\begin{aligned} U^T(x^T) &= \sum_{j=1}^p \gamma_j \cdot U^j(x^j) \\ &= \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \gamma_j \cdot \lambda_k^j \cdot \alpha_{ik}^j \cdot u_{ik}^j(x_i^j), \\ \sum_{j=1}^p \gamma_j &= 1, \gamma_j \geq 0, x^T = (x^1, \dots, x^p) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、 γ_j は都市全体にとっての地域 j の選好の強さを示す係数である。 γ_j の決定方法は地域におけると同様の考え方を適用する。

(1) 平等基準

γ_j を都市全体に対する地域 j の人口比 θ^j とする。

(2) 目標満足度達成基準

地域 j の満足度の政策目標水準を $\hat{u}^j$ とすれば γ_j は

$$\begin{aligned} \gamma_j &= \left(\frac{\delta[\hat{u}^j - u^j(x^j)] \cdot \theta^j}{\hat{u}^j} \right) \bigg/ \sum_{j=1}^p \left(\frac{\delta[\hat{u}^j - u^j(x^j)] \cdot \theta^j}{\hat{u}^j} \right), \\ &= \begin{cases} \delta[\hat{u}^j - u^j(x^j)] & \\ \delta[\hat{u}^j - u^j(x^j)] & (\hat{u}^j - u^j(x^j) \geq 0) \\ 0 & (\hat{u}^j - u^j(x^j) < 0), \end{cases} \\ \sum_{j=1}^p \theta^j &= 1 \end{aligned} \quad (7)$$

で定義される。

(3) 目標尺度達成基準

都市における地域 j の属性の結果の政策目標水準ベクトルを $\hat{x}^j = (\hat{x}_1^j, \hat{x}_2^j, \dots, \hat{x}_n^j)$ ($j=1, 2, \dots, p$) とすれば、 γ_j は

$$\begin{aligned} \gamma_j &= \sum_{i=1}^n \theta^j \cdot \frac{\delta[\hat{x}_i^j - x_i^j]}{\hat{x}_i^j} \cdot \bar{\alpha}_i^j \bigg/ \\ &\quad \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n \frac{\delta[\hat{x}_i^j - x_i^j]}{\hat{x}_i^j} \cdot \theta^j \cdot \bar{\alpha}_i^j \end{aligned} \quad (8)$$

ここで、 $\bar{\alpha}_i^j = \sum_{k=1}^r \alpha_{ik}^j \cdot \beta_k^j$ であり、地域 j における全住民の属性 i の重みの平均値を表わし、Table 1 に一例が示される。

以上の議論から、住民の都市環境に対する評価を目的に応じて、(6)式、あるいは(3)、(2)式で定量的に表現することが可能になる。特に、行政の意思決定過程では、(2)、(3)式が提供する地域間、集団間の満足度格差についての情報が重要な役割を果たすと思われる。

Table 1 Mean value and standard deviation of weight

No.	Mean	S. D.	No.	Mean	S. D.
P 1	0.048	0.029	P 18	0.019	0.009
P 2	0.047	0.022	P 19	0.021	0.009
P 3	0.026	0.014	P 20	0.024	0.010
P 4	0.038	0.018	P 21	0.037	0.018
P 5	0.028	0.014	P 22	0.033	0.015
P 6	0.024	0.012	P 23	0.057	0.020
P 7	0.017	0.010	P 24	0.052	0.021
P 8	0.016	0.008	P 25	0.045	0.016
P 9	0.017	0.010	P 26	0.041	0.016
P 10	0.007	0.005	P 27	0.041	0.023
P 11	0.008	0.005	P 28	0.028	0.013
P 12	0.010	0.005	P 29	0.023	0.011
P 13	0.012	0.006	P 30	0.055	0.026
P 14	0.008	0.005	P 31	0.060	0.027
P 15	0.010	0.005	P 32	0.068	0.029
P 16	0.008	0.006	P 33	0.064	0.027
P 17	0.009	0.006			

2.2 住民の都市環境選好構造調査

調査対象地域は北九州市戸畑区（昭和53年時点で約人口83000人、27000世帯）で、対象地域を1Km²メッシュで8地域に分割し、各メッシュをクラスターと考えるクラスターサンプリングを行い、一世帯一サンプルとして被調査者400を抽出し、**Fig. 1**に示す目標の階層構造から、各属性の重みと1次元効用関数を求めるためのアンケート調査（有効解答192）を実施した。

各評価目標は、調査者側で日常の生活環境に関連する社会指標⁷⁾の中から、住民サイドから評価可能と思われる項目を決定した。

属性の重みに関する質問は階層的に行い、まず、同一階層の項目に行政課題として取り組むとしたときの優先順位を付けてもらい、つぎに各項目の優先度合の違いを第1順位の項目との一対比較によって、線グラフ上に記入してもらう形式で、これから比例尺度を構成している。最下位レベルの属性の1次元効用関数に関する質問は、最も望ましい結果の満足度を100%とし、この結果と調査者側で定めた特定の結果との一対比較により、満足度(%)を直接割り当てよう形式をとっている。

Table 1 は属性の重みに関するデータを集計し、重みの平均値と標準偏差を示したもので、戸畑区住民全体の平均的な選好構造を把握することができる。これ

Fig. 1 Hierarchy of evaluating goals

から、生活利便性に関する属性よりも生活の安全性、健康に関する属性（災害の減少、公害の減少）を重視している住民の考え方が観察できる。

事実、戸畑区は交通施設、下水道そのほかの生活利便性に関する諸施設はよく整備されている一方、人口密度の高い地域の一つで、火災の危険性が指摘されていること、鉄鋼業を中心とする重化学工場群を抱え公害環境が劣悪であるなど、戸畑区固有の問題と住民の意識がよく対応しているといえる。

3. 住民の集団への分割

ある個人の選好構造を加法的多属性効用関数で記述するとき、属性の重みは属性間の相対的重要さを、1次元効用関数は属性についての価値観を表わしていると考えられる。この章では、重みと効用関数について、住民をどのようにして集団に分類するかを述べる。

3.1 重みに関する集団の抽出

属性の重みのつけ方によって特徴づけられる集団を抽出するために、属性についての重みデータを多変量とする主成分分析を適用した。主成分は累積寄与率60%以上の基準で6個抽出し、因子負荷量の散布図から**Table 2**の主成分解釈を得た。

各サンプルの因子評点を六角形グラフで表わし、六角形グラフの形の類似したサンプルあるいは、形は異なっても意味的には同等な特徴と解釈されるサンプルを同一集団と見なして集団の抽出を試み⁸⁾、**Fig. 2**に示す6集団を抽出した。**Table 3**は抽出された6集団の特徴を示している。ここで、集団(B, C)および集団(D, E)はそれぞれ同じ傾向の特徴をもちながら、その強さが違うことから、同一集団に集約し、集団Fはその大きさがきわめて小さいことから本モデルでは省略し、最終的につぎの3集団を抽出した。

Table 2 Interpretation of 6 P. C. s

	Positive	Negative
P. C. 1	Convenience of life	Safety of life
P. C. 2	Goodness of housing quality	Decreasing of pollution and increasing accessibility
P. C. 3	Decreasing of air pollution	Safety of life
P. C. 4	Comfortable of neighborhood circumstance	No significant feature
P. C. 5	Goodness of neighborhood service	Goodness of social housing service
P. C. 6	Decreasing of water pollution	No significant feature

集団 1: Table 1 に示す戸畑区の平均的特徴をもつ (A)

集団 2: 集団 1 に比較して '住宅事情のよさ' は軽視するが '生活の安全性' を重視する (B, C)

集団 3: 集団 1 に比較して '生活の安全性' は軽視するものの '住宅事情のよさ', '生活の利便さ' を重視する (D, E)

以上の集団の抽出が適切になされたかどうかの指針として, Table 4 に 3 集団の構成員による重みの平均値と標準偏差を重みの大きさ上位 5 位までの属性 (*印) について示した. 各集団の特徴と上位 5 位の属性が一致していることおよび, 変動係数 (標準偏差/平均

値) が, Table 1 の場合よりも小さくなっていることから, 適切な集団抽出がなされたかと判断される. この集団の重みの平均値を (2) 式の $\bar{\alpha}_{ik}$ と定義する.

3.2 集団の 1 次元効用関数の決定

個人の属性の価値観は効用関数の形に反映される. たとえば, 現状満足タイプの人には上に凸な効用関数をもつ場合が多く, 現状不満足タイプの人には下に凸な効用関数をもつ場合が多い. そこで, ある属性の 1 次元効用関数を, 単調性, 凹凸性, 増加減少性などの可能な組合せによる幾つかのパターンで表わし, サンプルがどのパターンに属するかを各集団ごとに, 全ての属性について判別することにより, 集団の 1 次元効用関数の決定を行う. 各効用関数パターンは 3 次多項式で近似され, パラメータは最小 2 乗法によって推定する.

今, 集団 k の属性 i の 1 次元効用関数 $u_{ik}(x_i)$ が q 個のパターンに分類されたとすると, $u_{ik}(x_i)$ は

$$u_{ik}(x_i) = \sum_{l=1}^q \eta_{ik}^l \cdot u_{ik}^l(x_i), \quad \sum_{l=1}^q \eta_{ik}^l = 1 \quad (9)$$

で定義される. ここで, $u_{ik}^l(x_i)$ は $u_{ik}(x_i)$ のパターン l を意味し, $a_i^l x_i^3 + b_i^l x_i^2 + c_i^l x_i^1 + d_i^l$ で近似される. $a_i^l, b_i^l, c_i^l, d_i^l$ は最小 2 乗法による推定パラメータである. η_{ik}^l はパターン l に属するサンプルの構成比である. (9) 式を (2) 式の $\bar{u}_{ik}(x_i)$ と定義すれば, (2) 式から集団の選好構造が決定される.

ここで, 属性の尺度に主観指標を用いる場合について述べておく. 属性の 1 次元効用関数が住民アンケートから求められるためには, 住民が属性の結果について評価可能であることが前提であるが, '排出ガスによる大気汚染' といった属性については, NOx 濃度 (ppm) を尺度としても, 住民の効用割り当ては困難であろうし, 効用データが得られたとしてもその信頼度は低いと思われる. 本モデルでは, このような属性に対しては, 住民の効用割り当てを容易にするために主観指標⁹⁾を積極的に用いており, Fig. 1 の P19 から

Fig. 2 Patterns of 6 groups

Table 3 Characteristics of 6 groups

Group	Characteristic
A	Possessing a standard life attitude in Tobata ward
B	Wishing a more safety life than group A
C	Wishing a more safety life than group B
D	Wishing a more convenient life than group A
E	Wishing a more convenient life than group D
F	Wishing a more comfortable life than group A

Table 4 Mean value and standard deviation of weight in three groups

No.	Group 1		Group 2		Group 3	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
P 1	0.050	0.019	0.028	0.014	0.073*	0.035
P 2	0.047	0.016	0.033	0.016	0.067*	0.022
P 4	0.038	0.012	0.028	0.014	0.050*	0.018
P23	0.053*	0.011	0.062*	0.020	0.049*	0.015
P30	0.059*	0.017	0.067*	0.031	0.039	0.018
P31	0.061*	0.018	0.078*	0.027	0.040	0.016
P32	0.069*	0.019	0.090*	0.032	0.045*	0.014
P33	0.063*	0.017	0.082*	0.031	0.042	0.013

P 31 および P 33 がこれに該当する。

主観指標は属性の結果の状態を **Fig. 3** に示すような言語表現で記述し、序数尺度 1 から 5 を割り当てる。ただし、序数尺度 1 および 5 は、それぞれ最悪の状態、最良の状態とだれもが判断可能な表現とし、効用を $u(1)=0$, $u(5)=100$ と前もって設定する。アンケートでは、サンプルの周辺環境がどの序数尺度に該当するかを記入（必ずしも序数尺度に一致しなくてもよい）させ、 $u(1)$, $u(5)$ と比較して効用を割り当てさせている。ただし、序数尺度 I と $I+1$ の間に記入している場合は、リニアに基数を対応させている。

主観指標を尺度に用いた属性についての集団の 1 次元効用関数の決定にも (9) 式と同様の考え方を適用し、集団 k の主観指標を用いた属性 i のパターン l の効用関数 $u_{ik}^l(IN_i)$ は

$$u_{ik}^l(IN_i) = \begin{cases} [\bar{u}_{i^l}(\bar{IN}_{i^l}) / \bar{IN}_{i^l}] \cdot IN_i & (IN_i \leq \bar{IN}_{i^l}) \\ -\bar{u}_{i^l}(\bar{IN}_{i^l}) / \bar{IN}_{i^l} \cdot (100 - \bar{u}_{i^l}(\bar{IN}_{i^l})) / (5 - \bar{IN}_{i^l}) \cdot IN_i & (IN_i > \bar{IN}_{i^l}) \end{cases} \quad (10)$$

なる直線近似で定義される。 IN_i は属性 i の序数尺度値を表わし、 $\bar{IN}_{i^l}$, $\bar{u}_{i^l}(\bar{IN}_{i^l})$ は属性 i の効用関数パターン l に属する構成員の平均序数尺度値、平均効用値を表わす。**Fig. 4** に上に凸で単調増加な効用関数パターン 1 に、3 サンプルが属している場合の (10) 式の適用例を示す。

4. 住民の都市環境評価モデルの構成と都市評価

この章では、3 章で述べた住民の集団化手法と集団の嗜好構造の決定法を実際に適用し、2 章のモデル化理論に従って、住民の都市環境評価モデルを構成する。最後に、戸畑区の都市環境の評価の一例を示す。

Fig. 3 Subjective scale for the attribute 'Exhaust gas pollution' and an example of its entry in the survey research

Fig. 4 An example of a linearly approximated utility function of the attribute using subjective scale

4.1 住民の都市環境評価モデルの構成

地域分割としては **Fig. 5** に示す 2 地域を設定した。地域 1 は工場地区隣接地域、地域 2 は内陸部的地域といった性格をもつ。各地域について独立に再度、住民の集団の抽出を行うべきであるが、ここでは簡単のために、3 章で抽出された 3 集団が、両地域に同様に存在するとし、地域ごとに 3 集団に属するサンプルを選別し、集団の重みの平均値と集団の構成比を求めた。これを後の評価例に用いる属性 P1 と P23 についてのみ **Table 5** に示す。

つぎに、全ての属性について各集団の 1 次元効用関数を (9), (10) 式に従って地域別に決定する。**Table 6** に属性 P1 '部屋の広さ' について、4 種類のパターンの推定パラメータ、パターン構成比を集団 1 についてのみ地域別に示す。以上から、**Fig. 6** に示す住民の都市環境評価モデルを構成することができる。各地域ごとに属性の尺度を計量すれば、地域住民の評価を定量的に表わすことが可能になる。

Fig. 5 An example of partition in Tobata ward

Table 5 Mean value of weight and group ratio in each group and region

No.	Region 1			Region 2		
	Group1	Group2	Group3	Group1	Group2	Group3
P 1	0.049	0.025	0.070	0.049	0.028	0.085
P 23	0.052	0.060	0.046	0.056	0.064	0.043
β_k	0.522	0.284	0.194	0.442	0.326	0.232

4.2 都市環境評価

Fig. 6 で得られた評価モデルを用いて、戸畑区の都市環境評価を試みるが、現段階では属性の尺度を計量するシステムモデルが未完成であるため、属性 P 1 ‘部屋の広さ’、P 23 ‘排出ガスによる大気汚染’ についての現状評価を検討するに留める。(3)式における集団効用を統合する基準として‘平等基準’($\lambda_k' = \beta_k'$, β_k' は Table 5 参照)を適用した場合を*で、‘目標満足度達成基準’($\hat{u}_1^1 = \hat{u}_1^2 = \hat{u}_{23}^1 = \hat{u}_{23}^2 = 60$ とし、 $\lambda_1^1 = 0.354$, $\lambda_2^1 = 0.341$, $\lambda_3^1 = 0.305$, $\lambda_1^2 = 0.415$, $\lambda_2^2 = 0.367$, $\lambda_3^2 = 0.218$)を適用した場合を**で地域効用を表わし評価結果を **Table 7** に示している。これから、推察でできる住民の都市環境の評価に関する情報を考察する。

- (1) 地域効用を見ると、属性 P 1 に関しては地域間で目立った差は見られず、部屋の広さはほぼ同程度の満足度にある。一方、属性 P 23 に関しては、地域間の満足度格差が顕著になる。これは **Fig. 5** の地域分割に見られるように、地域 1 が工場隣接地域という位置的要因による大気汚染の悪さと、地域 2 が内陸部にあり大規模な自然公園を内包していることによる自然環境のよさが、住民の評価に反映したものであると思われる。したがって、2 属性の全効用は、地域 2 の自然環境のよさが反映して、地域 2 の住民の満足度が

Table 6 Parameters and ratio of utility function patterns of attribute ‘Width of room’ of group in each region

$u(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$		$u(x)$		$u(x)$		$u(x)$		$u(x)$	
	Group	Ratio	Parameter	Ratio	Parameter	Ratio	Parameter	Ratio	Parameter
Region 1	1	0.125	a 0.0001	0.500	a 0.0001	0.375	a 0.0034	0	a
			b 0.1009		b 0.0318		b -0.3145		b
			c -1.5119		c 1.8259		c 11.564		c
			d 5.6926		d -16.582		d -74.105		d
Region 2	1	0.122	a 0.0062	0.390	a 0.0002	0.366	a 0.0008	0.122	a -0.0111
			b -0.3490		b 0.0084		b -0.1350		b 0.5693
			c 7.6694		c 2.2367		c 8.0915		c -3.6663
			d -42.169		d -18.557		d -56.484		d -1.3980

Fig. 6 Composition of population's urban environment evaluation model in Tobata ward

勝っている。

- (2) 地域 1 の集団 2 は、P 1 の単独効用値は大きいものの重み付き効用は他集団より目立って小さく、逆に P 23 は単独効用値は小さいものの、重み付き効用は大きい。地域 2 の集団 3 についても同様な現象が見られる。このような集団に属する人は、現在ある程度満足している属性の重みは小さく、満足していない属性の重みは大きくするという考え方をもちとされる。

- (3) 地域 1 の P 23 について、各集団の単独効用値が他より小さく、Table 5 からその重みが大きいことから、地域 1 の大気汚染対策が成功すれば地域 1 の住民の大きな満足度の向上が期待でき

る。同じことは、地域 2 にもいえるが、すでに単独効用地が比較的大きな値になっているため、大気汚染対策そのものが難しくなる可能性が大きい。

- (4) 目標満足度達成基準を用いても地域 2 の満足度の優位性は変わらないものの、平等基準と比較して、効用値を低下させながら地域間格差を縮少し

Table 7 An example of population's evaluation for attribute P1 'Width of room' and P23 'Exhaust gas pollution' under the present condition

	Group	Region 1		Region 2	
		u^1_{ik}	$\alpha^1_{ik} u^1_{ik}$	u^2_{ik}	$\alpha^2_{ik} u^2_{ik}$
Attribute P 1	1	59.70	2.93	52.09	2.55
	2	62.60	1.57	50.33	1.41
	3	55.45	3.88	53.73	4.57
Regional utility		2.76**	2.73*	2.57**	2.65*
Attribute P23	1	51.75	2.69	57.43	3.22
	2	46.89	2.81	54.29	3.47
	3	44.55	2.05	66.30	2.85
Regional utility		2.54**	2.60*	3.23**	3.22*
Total regional utility		5.30**	5.33*	5.80**	5.87*

て表わす傾向にある。これは、目標満足度達成基準が弱者保護的意味をもつため、満足度の高い集団の効用が地域効用へ寄与する割合が平等基準より抑えられ（集団の大きさにも依存）、地域効用の大きな地域2のほうが抑制割合が大きくなっているためである。

以上の2属性に関する現状評価の概観からでも、住民の都市環境に対する評価に関して、多くの有益な情報を得ることができる。また、過去に、北九州市によって行われたアンケート結果¹⁰⁾での戸畑区のイメージとよく対応していることから、本論文で提案した住民の都市環境評価モデルの有効性が裏付けられる。

5. おわりに

都市行政の意思決定過程に、住民意識をいかに反映させるかという問題に対して、住民の都市環境に対す

る価値意識の定量的な把握を実現するための、住民の都市環境評価モデルを提案しその構築方法を述べた。さらに、北九州市戸畑区を対象として得られた評価モデルと現状との対応および、現状の評価結果例からモデルの有効性が確認された。

今後の課題として、評価モデルと結びつくシステムモデルを開発し、評価モデルの有効性の検証をさらに進めていく。また、北九州市全域の住民の都市環境評価モデルを開発し、地域計画の中に適用して行きたい。

参考文献

- 1) 松浦：TLP システムと計画行政，西部 DSS シンポジウム (1979)
- 2) 小澤：都市行政における住民意識の導入と評価モデルの開発，行動計量学，1-2，11/21 (1974)
- 3) V. Bauer and M. Wegner: Simulation, Evaluation and Conflict Analysis in Urban Planning, Proceedings of the IEEE, **163**, 405/413 (1975)
- 4) V. Bauer and M. Wegner: A Community Information Feedback System with Multiattribute Utilities, In D.E. Bell, R.L. Keeney and H. Raiffa, eds, Conflicting Objectives in Decisions, John Wiley & Sons, Inc. (1977)
- 5) R. L. Keeney and H. Raiffa: Decisions with Multiple Objectives, John Wiley & Sons, Inc. (1976)
- 6) 市川惇信編：多目的決定の理論と方法，175/193，計測自動制御学会 (1976)
- 7) 国民生活審議会調査部会編：社会指標，73/96，大蔵省印刷局 (1974)
- 8) 奥野：多変量解析法，208/218，日科技連出版 (1971)
- 9) R. L. Keeney and N. Keshavan: Selecting Nuclear Power Plant Sites in the Pacific Northwest Using Decision Analysis, In D.E. Bell, R.L. Keeney and H. Raiffa, eds, Conflicting Objectives in Decisions, John Wiley & Sons, Inc. (1977)
- 10) 北九州市企画局：北九州市新新・中期計画策定のためのまちづくりに関する世論調査 (1979)