

住民の都市環境評価への効用理論の適用

前田 博・村上 周太

1. はじめに

今日、複雑な都市問題をかかえる都市行政において、問題解決のための政策の決定、計画の立案といったプロセスに、システムズ・アプローチの考え方がいちじるしく浸透してきている。システムズ・アプローチとは、「複雑な問題を解決するために、意思決定者の目標を明確化し、代替案（とりうる手段、方策）の結果に対する評価の基準を決定し、多くの可能な代替案の中から最も望ましい代替案を選択するための助けとなる情報を提供する体系的な方法論」ということができる。

このシステムズ・アプローチの中を大きく、システムモデルと評価モデルとに分けることができる。都市行政におけるシステムモデルでは、社会経済指標を予測するモデル、土地利用モデル、交通モデルなどが含まれるであろう。また代替案のランクづけをする評価モデルでは、目標や結果の多次元性を考慮して、属性間のトレードオフをとることにより、価値の測度を1つの規範（満足度関数、価値関数、あるいは効用関数）に統合した、いわゆる多属性効用関数の導入が考えられる。都市行政は住民の生活と直接密接に結びついてくるものであるから、都市行政における評価モデルの

中には、住民の多様な価値意識を定量的にとらえた住民サイドの評価を当然含むものでなければならない。

都市に住む多くの人々は種々の考え方、価値観をもっており、それに応じて都市機能に対する評価の態度も異なったものとなる。たとえ類似の考え方、価値観をもった人々でも、居住地域の都市機能の格差があれば当然評価は異なってくる。住民の都市環境評価モデルは、これらの2つの違いを明確に表わしうるものでなければならないと同時に、その評価項目は、行政側が都市を見る観点とは異なった、すなわち生活基盤を中心とした観点から認識されなければならない。このような住民の評価モデルを利用することにより、政策や計画立案の中に、住民の地域別、グループ別の評価の格差、競合について十分な情報をとり入れることができる。

以上の点をふまえて、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構成する手続を以下に示す。

- 1) 都市環境についての目標の階層構造を構成する。
- 2) それぞれの目標に対する相対的重みと1次元効用関数を住民のアンケート調査から集計する。
- 3) 住民を彼らの重みや効用関数の形をもとにして、いくつかの共通する利益集団に分類す

まえだ ひろし、むらかみ しゅうた

九州工業大学 情報工学科

る。この段階では、主成分分析が適用される。

- 4) 分類された各集団を代表するグループ効用関数を決定する。
- 5) グループ効用関数を集約して、住民全体の効用関数を決定する。

事例研究として、北九州市戸畑区の住民のアンケート調査にもとづいて、住民の都市環境評価モデルの結果とその有効性について検討する[1], [2].

2. 住民の都市環境評価モデルへの準備

2.1 モデル化

多属性効用理論 [3] は、Von Neumann, Morgenstern の効用理論の公理 [4] を受け入れる意思決定者が、対象とする複数の属性についてある仮定 [3] 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 次元効用関数によって表わされることをのべたものである。本論においては、1 人の住民の都市環境に対する評価が(1)式の加法的多属性効用関数で

$$(1) U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot u_i(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

と表わされると仮定する。ここに $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は n 属性についての多属性効用関数、 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。個人の評価構造の違いは α_i の大きさ、 u_i の形の違いとして現われてくる。そこで類似の α_i, u_i をもつ個人を集めると、1 つの共通する利益集団が形成されることができると考えることができる。そしてその集団の多属性効用関数を平均的な α_i, u_i で表わす。

さて都市を p 個の地域に分割し、ある地域 j に居住する人々が r 個の集団に分かれたとすれば、地域 j に居住する住民全体の評価構造を(2)式

$$(2) U^j(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \beta_{ik} \cdot \alpha_i^k \cdot u_i^k(x_i),$$

$$\sum_{k=1}^r \beta_{ik} = 1, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i^k = 1$$

で表わす。 β_{ik} は地域 j における集団 k の大きさを

示す係数、 α_i^k, u_i^k は集団 k における属性 i の重みおよび 1 次元効用関数である。各地域の人口ウェイトを荷重することにより、都市全体の住民の評価構造を(3)式で表わす。

$$(3) U^J(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^p \gamma_j \cdot U^j(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

$$\sum_{j=1}^p \gamma_j = 1$$

γ_j は地域 j の人口ウェイトである。(3)式では、どの地域に居住する個人も、またどの集団に属する個人もまったく平等であり、ただ地域の大きさ、集団の大きさのみが都市全体の住民の評価構造に反映されている。

2.2 住民の都市環境評価構造の調査

調査対象地域は北九州市戸畑区(人口8万3000人2万7000世帯)で、対象地域を 1 km^2 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とクラスターサンプリングを行ない、1 世帯 1 サンプルとして被調査世帯 400 を抽出し、図 1 に示す評価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を実施した。有効解答数は 192 であった。各評価目標は、調査者側で日常生活環境に関連する社会指標 [5] の中から住民サイドから評価可能なものを決定した。

属性の重みに関する質問は階層的に行ない、まず同一階層の項目に行政課題としてとり組むとした時の優先順位をつけてもらい、次に各項目の優先度の違いを第 1 順位の項目との一対比較として線グラフ上に記入してもらい形式でこれから比例尺度を構成している。最下位レベルの各属性の 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、この結果との一対比較により特定の結果に満足度(%)を割り当ててもらい形式である。

表 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、住民全体の平均的な評価構造をみることができ、これ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（災害の危険性の減少、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、公園その他の生活利便性に関連する諸施設は良く整備されている一方、北九州市の中でも人口密度が非常に高い地域の1つで火災に対する危険性が指摘されていること、また鉄鋼業を中心とする重化学工場群をかかえ公害環境が劣悪であるなど戸畑区固有の諸問題と良く対応している。

3. 住民の集団化

ある個人の評価構造を加法的多属性効用関数で記述する時、属性間の重みはそれらの間の相対的重要さを表わし、効用関数はその属性についての価値構造を表わしていると考えられる。したがって住民を集団化するには、その両面を考慮する必要があるが、本モデルでは重みと効用関数について個別に集団化を行ない後に両者を合成する。ここには重みによる集団化と効用関数による集団化が独立しているとの仮定を設けている。

3.1 属性の重みについての集団化

属性の重みについての集団化のために、図1の33個の属性の重みを変量として主成分分析を適用した。抽出主成分は累積寄与率60%以上の基準で6個とし、各主成分の意味の解釈のために因子負

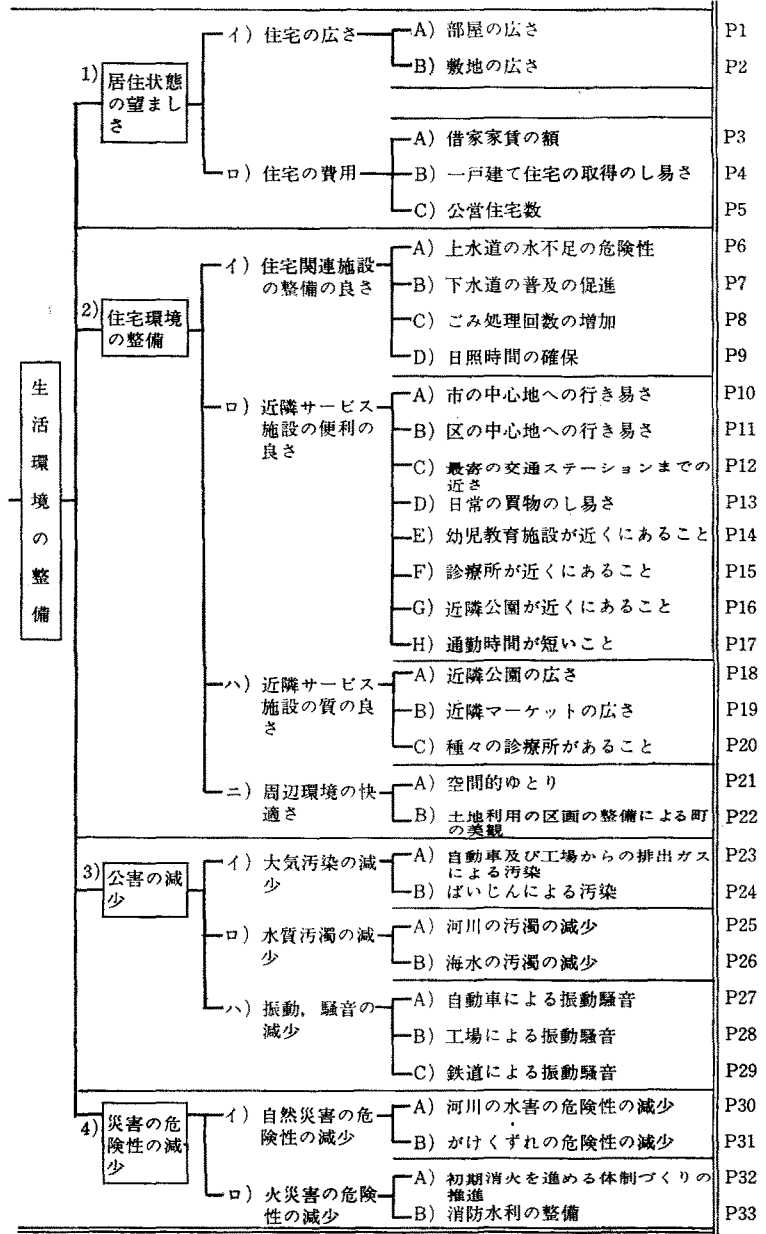


図1 評価目標の階層構造

荷量の散布図(図2)を作り、表2の主成分解釈を得た。これは後に分類された集団の特徴を記述するのに使用される。

各サンプルの因子評点を多角形パターン[4]で表わし、多角形パターンの形の類似したもの、あるいは形は異なっても意味的に類似すると考えられ

表 1 重みのサンプル平均

属性	平均値	標準偏差
P 1	0.048	0.029
P 2	0.047	0.022
P 3	0.026	0.014
P 4	0.038	0.018
P 5	0.028	0.014
P 6	0.024	0.012
P 7	0.017	0.009
P 8	0.016	0.008
P 9	0.017	0.010
P 10	0.007	0.005
P 11	0.008	0.005
P 12	0.010	0.005
P 13	0.012	0.006
P 14	0.008	0.005
P 15	0.010	0.005
P 16	0.008	0.006
P 17	0.009	0.006
P 18	0.019	0.009
P 19	0.021	0.009
P 20	0.024	0.010
P 21	0.037	0.018
P 22	0.033	0.015
P 23	0.057	0.020
P 24	0.052	0.021
P 25	0.045	0.016
P 26	0.041	0.016
P 27	0.041	0.023
P 28	0.028	1.013
P 29	0.023	0.011
P 30	0.055	0.026
P 31	0.060	0.027
P 32	0.068	0.029
P 33	0.064	0.027

表 2 主成分の解釈

主成分	＋ 側	－ 側
P. C. 1	生活の利便性	生活の安全性
P. C. 2	住宅事情の良さ	無公害, 利便性
P. C. 3	大気汚染の減少	生活の安全性
P. C. 4	周辺環境の良さ	顕著な特徴なし
P. C. 5	近隣施設の質の良さ	住宅関連施設の良さ
P. C. 6	河川の汚濁の減少	顕著な特徴なし

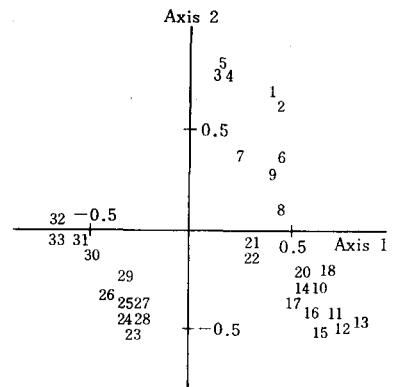


図 2 因子負荷量の散布図

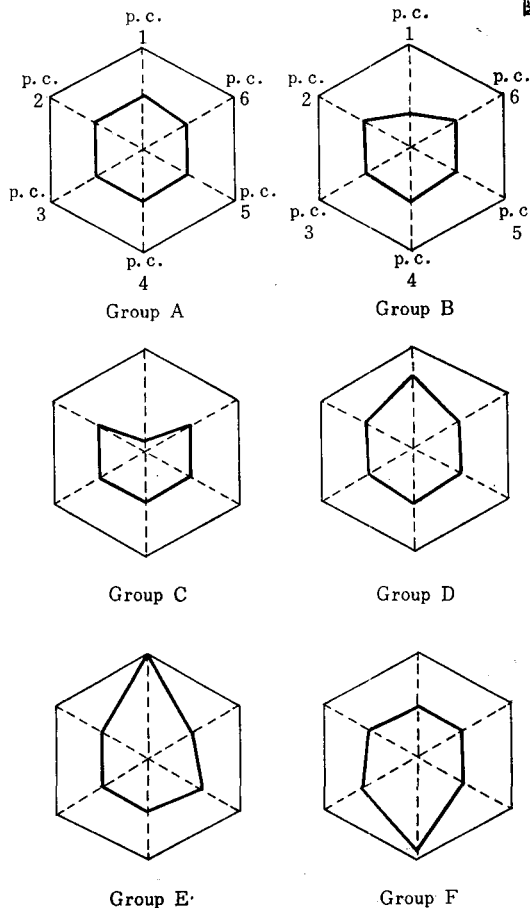


図 3 分類された多角形パターン

表 3 分類されたグループの特徴

グループ	グループの特徴
A	戸畑区の平均的特徴をもつ
B	Aよりもより安全な生活を望む
C	Bよりもさらに安全な生活を望む
D	Aよりもより生活の便利さを望む
E	Eよりもさらに生活の便利さを望む
F	周辺環境の快適さを望む

るものを同一集団とみなして集団化を行なった。図3は分類された多角形パターンの種類を、表3は各パターンの特徴を示している。ここでグループ(B, C)およびグループ(D, E)はそれぞれ同じ特徴をもちながらその強さが違うことから1つに集約し、グループFは集団の大きさが小さいこ

とから省略して、最終的に次の3グループに集団化した。

- グループ(1):戸畑区の平均的な特徴をもつ(A)
- グループ(2):グループ(1)に比較して生活の安全をより重視する(B, C)
- グループ(3):グループ(1)に比較して住宅の良

表 4 グループ別重みの平均値と標準偏差

属性	グループ (1)		グループ (2)		グループ (3)		属性	グループ (1)		グループ (2)		グループ (3)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
P 1	0.050	0.019	0.028	0.014	0.073	0.035	P 18	0.019	0.006	0.016	0.007	0.022	0.009
P 2	0.047	0.016	0.033	0.016	0.067	0.022	P 19	0.021	0.006	0.018	0.006	0.026	0.008
P 3	0.028	0.009	0.019	0.012	0.034	0.015	P 20	0.024	0.007	0.022	0.008	0.026	0.009
P 4	0.038	0.012	0.028	0.014	0.050	0.018	P 21	0.033	0.010	0.036	0.018	0.043	0.020
P 5	0.029	0.010	0.021	0.011	0.035	0.014	P 22	0.032	0.010	0.031	0.014	0.036	0.014
P 6	0.024	0.007	0.017	0.010	0.031	0.014	P 23	0.053	0.011	0.062	0.020	0.049	0.015
P 7	0.017	0.006	0.014	0.008	0.020	0.011	P 24	0.049	0.013	0.058	0.027	0.045	0.014
P 8	0.017	0.006	0.011	0.006	0.020	0.008	P 25	0.046	0.011	0.050	0.017	0.039	0.014
P 9	0.017	0.006	0.013	0.010	0.023	0.011	P 26	0.042	0.011	0.045	0.021	0.034	0.012
P 10	0.007	0.003	0.005	0.004	0.009	0.008	P 27	0.038	0.011	0.048	0.028	0.030	0.013
P 11	0.008	0.003	0.006	0.004	0.010	0.008	P 28	0.029	0.009	0.032	0.015	0.023	0.010
P 12	0.010	0.003	0.009	0.005	0.013	0.011	P 29	0.024	0.008	0.025	0.012	0.018	0.008
P 13	0.011	0.003	0.009	0.005	0.015	0.010	P 30	0.059	0.017	0.067	0.031	0.039	0.018
P 14	0.008	0.003	0.005	0.004	0.010	0.008	P 31	0.061	0.018	0.078	0.027	0.040	0.016
P 15	0.010	0.003	0.007	0.003	0.012	0.009	P 32	0.069	0.019	0.090	0.032	0.045	0.014
P 16	0.008	0.003	0.006	0.004	0.011	0.009	P 33	0.063	0.017	0.082	0.031	0.042	0.013
P 17	0.009	0.004	0.008	0.005	0.010	0.006							

さ、生活の利便さをより重視する (D, E)

表 4 に 3 グループの重みの平均値、標準偏差、グループ比率を示している。これから多角形パターンから解釈された各グループの特徴とそれに対応する評価項目の重みが大きくなっていることが確認され、適切な集団化がなされていると思われる。

3.2 効用関数についての集団化

個人の価値構造は効用関数の形に反映される。

たとえば、上に凸な効用関数をもつ人は現状満足

タイプであり、下に凸な効用関数をもつ人は現状不満足タイプと大別される。そこで効用関数と単調性、凹凸性、増加減少性などできるいくつかのパターンに分類し、サンプルがどのパターンに属するかを集計することによってパターン比率を 33 個の属性それぞれに求めた。さらに各パターンを代表する効用関数 $U(x)$ を $U(x) = ax^2 + bx + c$ で近似し最小二乗法によってパラメータ (a, b, c, d) を推定した。図 4 に属性“部屋の広さ”についての効用関数パターンとパターンの代表パラメータ、パターン比率を示している。

ここで属性の尺度に主観指標を用いる場合につ

$$U(x) = ax^2 + bx + c + d$$

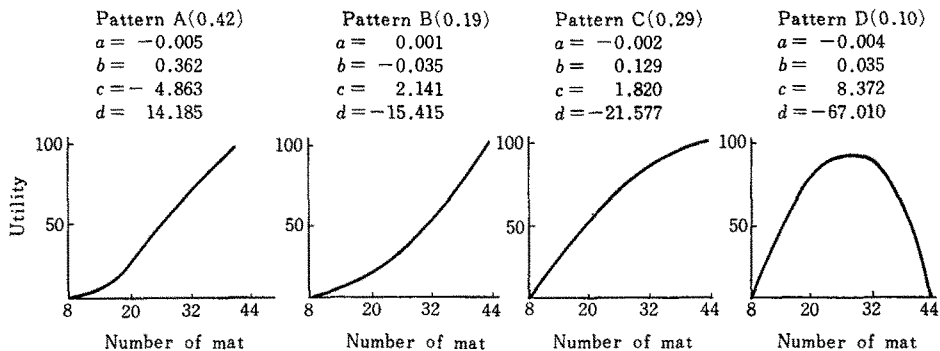


図 4 属性“部屋の広さ”の効用関数パターン分類

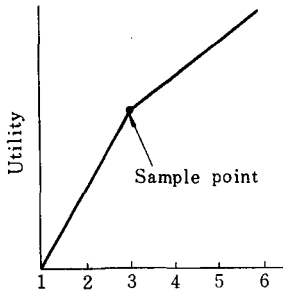


図 5 直線近似した主観指標の効用関数

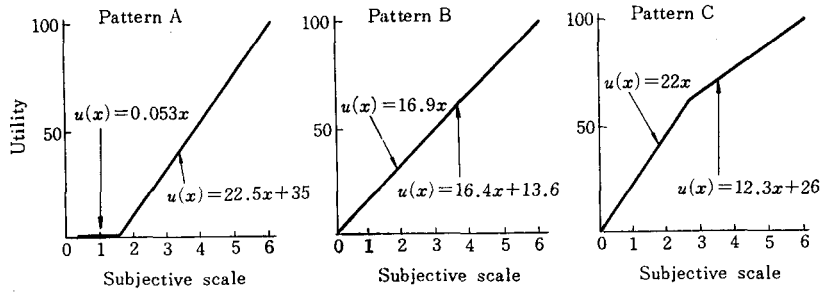


図 6 属性“自動車および工場からの排ガスによる汚染”の効用関数パターン分類

いてのべておく。属性によってはその尺度がきみにくい場合、たとえ尺度がきまっても住民が評価しにくいものである場合には、主観指標[5]を用いている。その例として属性“自動車および工場からの排出ガスによる汚染”を考えてみる。通常用いられるNO_x濃度(ppm)を尺度としても、住民がNO_x濃度に効用を割り当て得るかどうかはなほ疑問であろう。むしろ排ガスが生活にどのような影響を与えるかという主観指標を用いるほうが住民にとって効用を割り当てやすく、またデータの信頼性も高いと思われる。

主観指標は属性の状態を5段階の言語的表現で記述し、サンプルの生活環境に該当するものを選択し効用を割り当ててもらう。この時、5段階の言語的表現は多くの人々にとって望ましさの順位が同じになるように工夫する必要がある。もし人によって望ましい順位が変わるような曖昧な表現をすると効用関数のパターン分類が困難になる。そこで、最悪の状態を序数尺度1として $U(1)=0$ 、最良の状態を序数尺度5とし $U(5)=100$ として得られたデータから図5に示すようにサンプルの効用関数を直線近似し、凹凸性を判定する。

このようにして各パターンにサンプルを分類し各パターンを代表する効用関数をそれぞれのパターンに属するサンプルの平均序数尺度値と平均効用値を使った直線近似で表わす。図6に属性“自動車および工場からの排出ガスによる汚染”についての例を示す。

4. 住民の都市環境評価モデルの構成

これまでに都市全体に対して属性の重みに関するグループ比率と各グループの重み、各効用関数のパターン比率とそれぞれの代表パラメータが得られた。ここで1メッシュ(1 km²メッシュ)あるいは数メッシュからなる地域に対して各比率が適用できると仮定する。この仮定の妥当性について戸畑区全体と各地域についてグループ比率、パターン比率の適合度検定を行なった結果を表5に示している。危険率5%で地域6のグループ比率以外はすべて適合している。この仮定にもとづいて図7に示す住民の都市環境評価モデルを構成できる。

(4) (戸畑区全体の住民評価)

$$= \sum_j \gamma_j \cdot (\text{地域 } j \text{ の住民評価})$$

ここで $\gamma_j = (\text{地域 } j \text{ の世帯数}) / (\text{戸畑区全世帯数})$

(5) (地域 j の住民評価)

$$= \sum_k \beta_{jk} \cdot (\text{グループ } k \text{ の多属性効用関数})$$

ここで β_{jk} は j 地域でのグループ k の比率

表 5 適合度検定結果

地域	重み		効用関数	
	χ^2 値	$\chi^2_{0.05}$	χ^2 値	$\chi^2_{0.05}$
1, 5	0.39	5.99	4.60	7.81
2	2.63	5.99	4.38	7.81
3, 7	1.71	5.99	3.18	7.81
4, 8	3.00	5.99	2.08	7.81
6	9.70	5.99	3.73	7.81

(6) (グループ k の
多属性効用関
数)

$$= \sum_i \sum_l \alpha_i^k \cdot \delta_i^l \cdot$$

(属性 i のパ
ターン l の効用関
数)

ここで α_i^k はグ
ループ k の属性
 i の重み

δ_i^l は属性 i の効
用関数パター
ン l のパターン比
率である。

各地域ごとに属性の
尺度を計測すれば地域
住民の評価が求められ
全地域を統合して戸畑
区住民全体の評価を求
めることができる。

5. モデルによる 都市環境評価

前節で得られた評価
モデルを用いて戸畑区

の8つの地域別評価を行なう。図8に戸畑区と8
地域の地図を示し、表6に属性(A)“最寄交通ス
テーションまでの近さ”, (B)“自動車および工場
からの排出ガスによる汚染”の評価を地域別グ
ループ別に示している。効用関数の単独の値だけ
を見ると、属性(A)は効用値45~60と満足度合が不
十分であり、属性(B)は効用値90以上と高い満足
度合が得られている。次に(5)式で表わされる地域
効用を見てみると、属性(A)のほうが(B)より3
倍程度大きくなっている。このことは満足度の高
い属性より満足度の不十分な属性の重みがより大
きいことを意味する。このような満足度が不十分

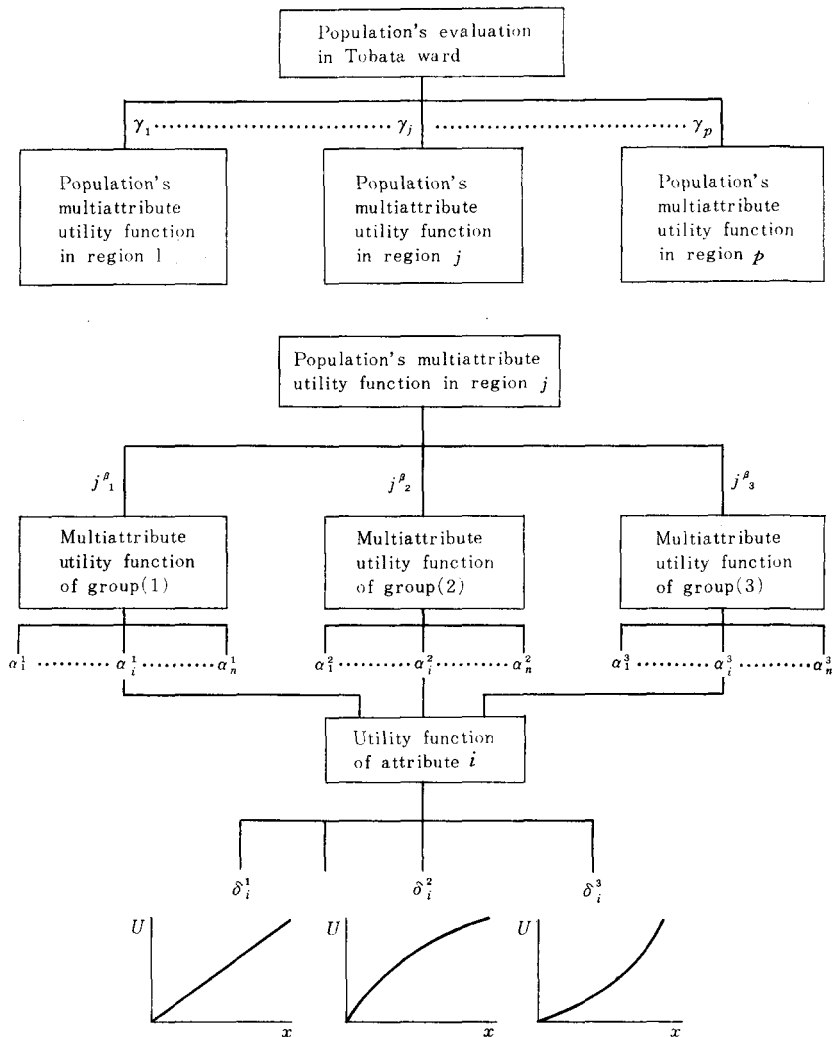


図7 都市環境評価モデルの構成

で重みの大きな属性については政策効果が十分に
期待される。

次に地域別の効用格差について見れば、属性
(B)は全地域で満足されている一方、属性(A)に
ついてはある程度の格差が見られる。属性(A)に
ついて比較的効用の大きい地域6, 7, 8は戸畑区
の中でも大きな自然公園を一部に含んでおり、環
境の良さが住民の評価に映し出されていると思わ
れる。

以上の簡単な評価結果の概観からでも住民の満
足を得られる町づくりに対するかなりの知見を得
ることができ、住民の都市環境評価モデルの有効

表 6 都市環境の評価結果例

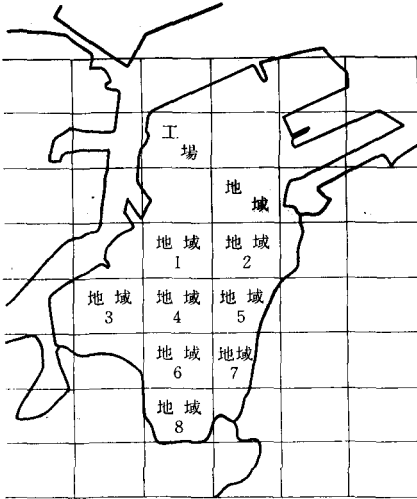


図 8 戸畑とその分割地域

地域	(A)最寄交通ステーションまでの近さ					(B)自動車および工場からの排出ガス汚染				
	効用関数	グループ効用			地域効用	効用関数	グループ効用			地域効用
		グループ(1)	グループ(2)	グループ(3)			グループ(1)	グループ(2)	グループ(3)	
1	55	2.9	3.4	2.7	3.0	98	1.0	0.9	1.3	1.02
2	45	2.4	2.8	2.2	2.5	98	1.0	0.9	1.3	1.02
3	47	2.5	2.9	2.3	2.6	95	1.0	0.9	1.2	0.99
4	48	2.5	3.0	2.4	2.6	94	0.9	0.9	1.2	0.98
5	53	2.8	3.3	2.6	2.9	97	1.0	0.9	1.3	1.01
6	60	3.2	3.7	2.9	3.2	97	1.0	0.9	1.3	1.02
7	61	3.2	3.8	3.0	3.3	98	1.0	0.9	1.3	1.02
8	59	3.1	3.7	2.9	3.2	89	0.9	0.8	1.2	0.93

性を裏づけていると思われる。

6. おわりに

都市行政にシステムズアプローチをはかる際、住民の多様な価値意識を反映されることを目的とした住民の都市環境評価モデルを提案し、モデル化の方法論ならびに北九州市戸畑区を事例とした都市環境評価モデルおよびモデルによる評価結果をのべ、それが非常に有効であることをのべてきた。今後、評価モデルに連動するシステムモデルの開発とともに、北九州市全域への都市環境評価モデルの開発を進め、地域計画への適用をはかってゆく予定である。

参考文献

- [1] 前田, 村上: 多属性効用関数を用いた住民の都市評価モデル, 第6回システムシンポジウム講演論文集, 1980, 295-300
- [2] 前田, 村上: 多属性効用関数を用いた住民の都市評価モデル, 計測自動制御学会論文集, (投稿中)
- [3] Keeney, R. L. and Raiffa, H.: *Decisions with Multiple Objectives*, John Wiley and Sons, 1976
- [4] Von Neumann and Morgenstern: *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton

University Press, 1953

- [5] 国民生活審議会編: 社会指標, 大蔵省印刷局, 1974
- [6] 奥野: 多変量解析法, 日科技連, 1971
- [7] Keeney, R.L. and Keshavan, N.: *Selecting Nuclear Power Plant Sites in the Pacific Northwest Using Decision Analysis, conflicting objectives in Decisions*, Bell, D. E., Keeney, R. L. and Raiffa, H. (eds.), John Wiley and Sons, 1977

●ニニニ●

●OR●

固有値

固有値とは、独立したシステムに固有かつ普遍に対応するパラメータ群であると解釈しよう。

バイオリズムは、特定の個人に対応する固有値に関連した周期関数を合成した概念だと理解してよからう。しかし、固有周期が誰でも同じで、位相も誕生日を起点として一様であるというのでは、科学的な概念とは申し難い。バイオリズムをトラック運転者の管理に利用して実績を上げているという話を聞くが、これは驚くに足らないことであって、1カ月のうち何日かを要注意日として無茶を避けるようにすれば、それだけで事故が有意に減るのは目に見えている。

毎日毎日が要注意日となるようなバイオリズムを発明すれば、交通事故は皆無となる道理である。

(小野勝章)