

住宅地における環境の評価手法に関する研究

EVALUATION MODEL OF THE RESIDENTIAL ENVIRONMENT FOR URBAN IMPROVEMENT

森本章倫*・中川義英**

By Akinori MORIMOTO and Yoshihide NAKAGAWA

Interests in residential environment have been raising with raising of subsistence level in recent years. In this needs, urban redevelopment requires to improve the infrastructures to rise the amenity of the environment.

The purpose of this study is to establish an evaluation model of the residential environment, and to propose improvement guidelines in the future. This paper has three steps :

The first step is to find a evaluation system of the residential environment with AHP (Analytic Hierarchy Process). The second is to quantify the amenity of the residential environment, using of Fuzzy Theory. The third is to examine the relation between the amenity and urban improvement with the comparison, and to propose improvement guidelines.

Finally, this study shows that Fuzzy Theory is effective to evaluate the residential environment. And the result of applying this evaluation method to Tokyo area is that improvement districts before the WW2, where the environment level have been declining in recent years, strictly need urban redevelopment, and that the amenity is strongly influenced by the ratio of green coverage, and future redevelopment should be with increasing green areas and securing open spaces.

Keywords : residential environment, urban improvement, fuzzy theory, evaluation model, amenity

1. はじめに

環境問題を自らの問題として受け止めるようになったのは、公害が激化した1960年代からであり、住環境の総合的評価に関しては、梶¹⁾により生活環境を総合的にとらえ、安全性・健康・快適・利便の4大評価要因の寄与を計量的にとらえる方法が示され、その後吉川²⁾、勝矢³⁾、定井⁴⁾により、より安定した寄与度の算出方法が提案されている。また、佐々波⁵⁾、秋山⁶⁾らは個人、世帯属性の寄与の側面について分析を行い、中村⁷⁾は個別的环境評価(交通・緑・防災)について研究を行っている。近年においては、東京都による住環境水準設定調査⁸⁾、快適環境総合指標の作成⁹⁾等があり、また「住みよさ」を定量化し、都市施設整備の合理化を行った研究¹⁰⁾など、快適な空間の創造を主眼とした研究が多くなっている。

一方、都市の景観評価が脚光を浴びるようになり、及川¹¹⁾、篠原¹²⁾らにより景観の定量的把握が行われている。

本研究では、総合的な環境評価という点で梶らの系譜を引き継ぎ、加法的な総合評価に対して新たな定量化手法を検討し、環境評価モデルを構築する。また、景観評価の利点を鑑み、住宅地のイメージ図を導入することで景観の定量的把握を行い、モデル内の評価関数を同定する。すなわち、住宅地をケーススタディとして、地区環境を計画的に整備していくうえで有用となる定量化手法を構築することを目的としている。

本研究の特徴としては、評価関数を同定するために地区のイメージ図を用いていることである。地区環境を三次元に表わしたイメージ図を提示することで、評価対象者は比較的簡便、明確に環境評価が行える。将来的には、研究を発展させることで、住民アンケートを通して整備方針のプレゼンテーションを行ううえでの1つのツールになり得ると考えている。

なお、これまでの都市景観に関する研究の分類¹³⁾に当てはめるならば、市街地景観ないしは地区景観を表現しているともいえ、景観評価を視点場、中間場、対象という3種に分割した場合、本研究で用いるイメージ図は中間場に該当することとなる。また、住環境の定量化手法としては、評価対象者のもつあいまいさや評価主体がもつあいまいさを表現できるファジィ理論を用い、独自の

* 学生会員 工修 早稲田大学大学院理工学研究科
(〒169 新宿区大久保 3-4-1)

** 正会員 工博 早稲田大学助教授 理工学部土木工学科
(同上)

定量化の過程を踏んでいる。研究の手順は大まかに次の3つのステップに分かれる。

- Step 1 従来型の評価手法を用いて、住環境評価項目の把握を行う。
- Step 2 ファジィ理論を用いた評価手法を構築し、都市への適用を行う。
- Step 3 地区環境評価の変動要因を検討し、市街地整備との関係を明らかにする。

なお、ここで扱う市街地整備とは、土地地区画整理事業、一団地の住宅建設事業、宅地造成事業を指している。

2. 解析概念

(1) 研究のフロー

本研究のフローを以下に示す。

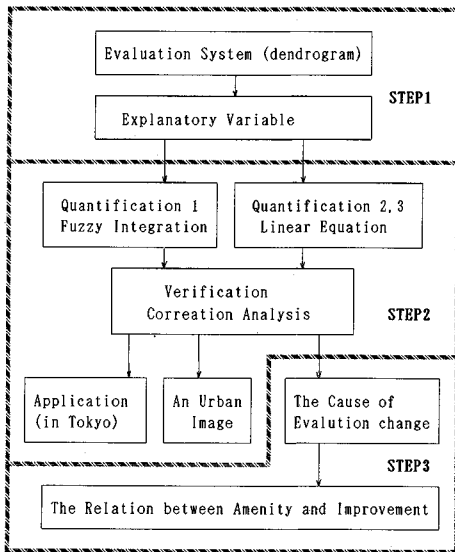


Fig.1 The Structure of the Study.

(2) 研究対象地域と解析単位

研究対象地域は東京23区とする。

解析単位すなわち空間領域に関しては、棚橋¹⁴⁾によると、住環境を評価するうえで、「緑」、「景観」、「防災性」等を、最も認識できる空間領域は一丁目単位(約20ha)であるとの結果を得ている。しかし、この場合空間の規模に大きな差があり、他地域との比較に際して問題が残る。また、メッシュ単位にしても地形を無視してしまう問題点を抱えている。この2つの点を考慮して、領域単位の大きさ(約20ha)とメッシュの有用性を鑑み、500mメッシュを本研究の解析単位として用いた。

3. 住環境評価項目の把握

(1) 総合的な住環境の重み付け

ここでは、住環境を評価するにあたって考え得る指標

Table 1 Questionary Result of Measurement Index.

Subject	A Questionary
Date	1988, 12-1989, 1
Contents	pair comparison(6pair)
Sample	611 (Inhabitant in Tokyo)
Subject	B Questionary
Date	1989, 1-2
Contents	pair comparison(32pair)
Sample	20 Graduate Students (planner)

を抽出し、その各評価項目の重要度を従来の手法を用いて算出する。それによって、本研究で扱う評価項目の相対的な位置・寄与率を把握する。

住環境の評価体系を検討した結果、本研究ではWHO(World Health Organization)の考え方(住環境を安全性、保健性、利便性、快適性の4つの基本概念から評価している)を基本としている東京都の住宅局の評価体系⁸⁾を用いる。また、本研究では評価体系の重み付けをAHP(Analytic Hierarchy Process=階層分析法)を用いて行った。AHPは比率尺度による一対比較をもとに、全体としての項目間の比率尺度を決定する方法である。

4要因に関するアンケート(A調査)は都内23区の居住者を対象として行い、測定指標(18指標)に関するアンケート(B調査)については、一対比較数が多いため、都市計画学習者をアンケート対象者とした。それは、①指標の理解度が高く、一対比較の整合性がよい、②論理的な対応力があり、多数の一対比較が可能であるという2つの利点をもっている。

アンケートの概要をTable 1に示す。

まず、要因 X_i に対する X_i の相対的重要度 a_{ij} を一対比較で求め、4要因の関係行列 $A=[a_{ij}]$ を作成する。 A の固有ベクトルを v 、最大固有値を λ_{max} とすると、

$$Av = \lambda_{max} v$$

という式が成立する。この際の固有ベクトルの成分 v_i が要因 X_i の重みを示している。なお、最大固有値と固有ベクトルはPower Methodを用いて求めた。

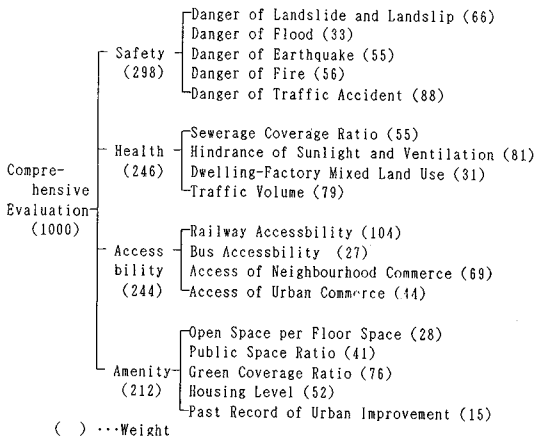


Fig.2 Dendrogram of the Living Environment.

測定指標 x_{ik} の重み v_{ik} も同様に求める。

次に、要因 X_i に関する測定指標 x_{ik} の合成重要度

$$w_{ik} = \sum v_{ik}$$

を求め、これによって住環境の階層図を作成し、Fig. 2 に示した。ただし、今回は AHP をグループ単位に用いるため、相対的重要度は評価者の幾何平均を用いた。

Fig. 2 をみると、住環境評価で重要な項目は安全性が一番で、次に保健性、利便性、快適性と続く。つまり 23 区居住者にとって、身体の安全性を最も重視し、最低レベルの居住空間を享受することを基本的な考えとしている。これが整ったうえで、通勤や買い物といった利便性を考え、最後に快適性の向上を望んでいると解釈できる。

(2) 本研究で用いる評価指標の抽出

本研究は環境評価モデルを構築することが目的であり、東京都の住環境測定指標を基本的に用いる。その上で住宅地区をケーススタディとし、そこに住み、生活していくことだけからみた住宅地の環境を評価する。そのため、地域固有の自然条件（地すべり崖崩れ危険度、浸水危険度、震害危険度）や地域の業務特性を含んだ項目（住工混在率）は除外する。また、広域的なネットワークにかかわる利便性（鉄道利便度、バス利便度、最寄商業利便度、買回商業利便度）に関連した項目は除外した。

決定した 10 指標を Table 2 に示す。これらの 10 指標はいわば住宅地固有の視点からみた環境をとらえることになり、本研究ではこの 10 指標を「地区環境の評価指標」と定義する。

抽出した 10 指標を Fig. 2 の AHP の結果と比較してみると、住環境の 18 指標に対する寄与率は Table 3 に

Table 2 Explanatory Variable.

Explanatory Variable (unit)	
Definition	
1. Danger of Fire (%)	Wooden Building Coverage
2. Danger of Traffic Accident (cases/year)	Number of Traffic Accident per Year
3. Sewerage Coverage Ratio (%)	Ratio of Drainage District Area
4. Hindrance of Sunlight and Ventilation (%)	$\sqrt{(\text{Building Coverage}) * (\text{Higher Building Ratio})}$
5. Traffic Volume (cars/hour)	Traffic Volume per hour
6. Open Space per Floor Space (times)	Non-building Coverage / Buildig Floor Space
7. Public Space Ratio (%)	Public Open Space, Playground etc.
8. Green Coverage Ratio (%)	Ratio of Green Coverage
9. Housing Level (%)	Ratio of Narrow Dwelling Floor Space
10. Road Ratio(Over 5.5m Width) (%)	Road Ratio over 5.5m Width

Table 3 Contributory Ratio to Living Environment Index (18 index).

Factor	Explanatory Variable	Weight	Contribution
Safety (298)	Danger of Fire	56	144/298 (48%)
	Danger of Traffic Accident	88	
Health (246)	Sewerage Coverage Ratio	55	215/246 (87%)
	Hindrance of Sunlight and Ventilation	81	
Access (244)	Traffic Volume	79	0/244 (0%)
Amenity (212)	Open Space per Floor Space	28	212/212 (100%)
	Public Space Ratio	41	
	Green Coverage Ratio	76	
	Housing Level	52	
	Road Ratio over 5.5m Width	15	
Comprehensive Evaluation			571/1000 (57%)

なる。

住環境指標の総合評価（1000）に対して、定量化に用いる 10 指標の重みの合計（571）は 57% であり、約 6 割の影響力をもっていることがわかる。ここで利便性（244）に関する指標を除外すると、10 指標の影響力は 76% となり、安全性、保健性、快適性に関しておおむね評価し得るといえる。

4. 地区環境の定量化

地区環境を定量化することは、地区の環境を総合評価する関数を設定することである。環境などの総合評価をするにあたっては、関数はそれぞれの属性評価と各属性間の重要度によって構成されていることが多い。つまり、以下のように仮定していることになる。

$$U = f(w_i, h_i(x_i))$$

ここで、 w_i はそれぞれの属性の重要度であり、 $h_i(x_i)$ は各属性の評価関数（値）である。 f は総合化の関数、 U は総合評価（値）となる。

そこで、ここでは（1）評価関数の設定、（2）属性

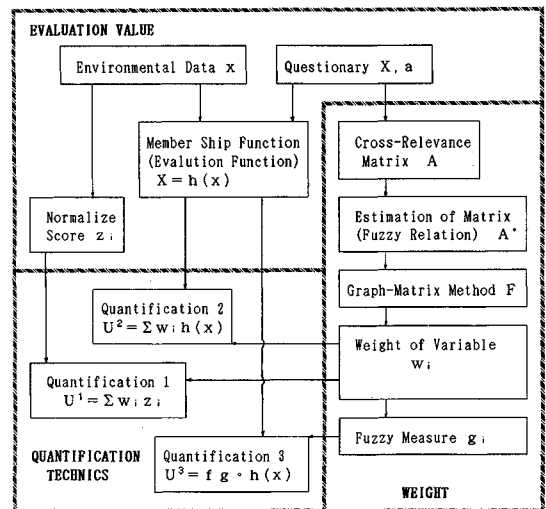


Fig. 3 The Structure of Quantification.

Table 4 Questionary Result for Quantification.

Subject	C Questionary
Date	1988, 12
Contents	grading(10 variable)
Sample	52*5 Graduate Students(planner)
Subject	D Questionary
Date	1988, 12
Contents	pair comparison(10pair)
Sample	52 Graduate Students (planner)

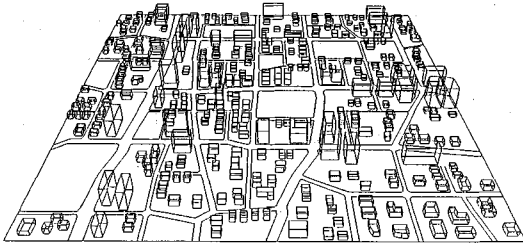


Fig. 4 Example of Urban Image (One side : 500 m).

の重み付け, (3)統合化の関数に分けて解析を行った¹⁵⁾. 解析の手順をフローチャートで示すと Fig. 3 のようになる.

また, 次の2つの目的のためにアンケート調査を行った.

- ① 地区環境の評価項目の関数を設定する (C調査).
- ② 評価項目の重みを算出する (D調査).

アンケートの概要を Table 4 に示す.

(1) 各属性の評価関数

a) 概念

共有空地を2倍にしたからといって, 地区環境の評価が2倍になると考えるのは不自然なことである.

すなわち客観値と主観的評価値は必ずしも比例関係がないため, 両者の関係を示す評価関数を同定する必要がある. 本研究では評価関数をファジィ理論におけるメンバーシップ関数として定める. これは, 定量化手法にファジィ積分を用いているということと, 評価値が [0, 1] で表わせ, 標準化する必要がないという利便性からである.

また従来, 地区環境を評価する際の視点場を歩行レベルに設定する研究が多くみられる. しかし, 空間領域が広いと数多くの視点場が存在し, みえない空間が多数を占めてしまう. つまり, 環境の統一的评价を行うには, 視点場を中距離に設定し一括した評価を行うことが望ましいと考えられる. そこで本研究では, 規範的町並み(成城を参考に作成)をイメージする図形を示し (Fig. 4 参照: 実物は着色化), 評価対象者に提示することで地区環境評価を試みた.

街の図形は10の指標のうち (Table 2 参照) 図形化できる6個の指標 (焼失危険度, 日照通風阻害度, 空地延床面積比率, 共用空地率, 近隣緑量率, 5.5 m 以上道

Table 5 Evaluation Function and Correlation Coefficient.

Explanatory Variable	Evaluation Function (Correlation Coefficient)
1. Danger of Fire	$h(x)=0.002x^2-0.081x+0.900$ (0.856)
2. Danger of Traffic Accident	$h(x)=0.921+0.895x$ (0.730)
3. Sewerage Coverage Ratio	$h(x)=0.106+1.021x$ (0.886)
4. Hindrance of Sunlight and Ventilation	$h(x)=-0.0002x^2-0.014x+0.950$ (0.871)
5. Traffic Volume	$h(x)=0.744+0.995x$ (0.828)
6. Open Space per Floor Space	$h(x)=-0.085x^2+0.553x+0.010$ (0.887)
7. Public Space Ratio	$h(x)=-0.006x^2+0.127x+0.128$ (0.795)
8. Green Coverage Ratio	$h(x)=0.244+0.050x$ (0.805)
9. Housing Level	$h(x)=1.1/(1+0.188EXP(0.1197x))$ (0.764)
10. Road Ratio over 5.5m Width	$h(x)=-0.002x^2+0.068x+0.127$ (0.705)

路率) についてそれぞれ値を変動させて各5通りずつ, 計30枚図形作成ソフトを用いて作成した. これらすべてを評価対象者に示すことで, 各指標別に単独の評価関数を算出する. また図形に表現できない4指標についてはデータを提示することで評価を行った.

ただし, 地区環境の評価を行うにあたっては, モデルの適用性を検討することが主眼であるため, 今回は対象者を都市計画学習者に限定して, 各指標に対する10段階評価を行っている. それは, 都市計画の基礎知識が評価の統一性を引き出すという利点をもっている.

b) 解析結果

客観値 x と主観的評価値 X の関係を明らかにするために評価関数 $X=h(x)$ を算出するわけだが, 本研究では評価関数をメンバーシップ関数として算出している. メンバーシップ関数とは, ある集合 X におけるファジィ集合 A に属する割合を示す関数であり, [0, 1] の値をとる.

アンケート結果と各指標の物的データを回帰させて, 評価関数 (Member Ship 関数) を決定した. なお, 評価関数は最小2乗法を用いて直線回帰, 指数回帰, 2次放物線, ロジスティック曲線の中から最も重相関が高い関数を決定する. 各指標に対する評価関数と回帰の際の相関係数を Table 5 に示す.

得られた評価関数のうち, 焼失危険度を例として Fig. 5 に示す. これは, X 軸が各指標の生データ, Y 軸がメンバーシップ関数の値で, Y 軸の0が地区環境評価として最低を示し, 1が最も好ましいことを示している.

この図をみると, 評価関数は下に凸の2次関数となり, 木造住宅が多くなると地区環境評価が下がっていることがわかる. また裸木造建坪率が20%以上で評価は最小

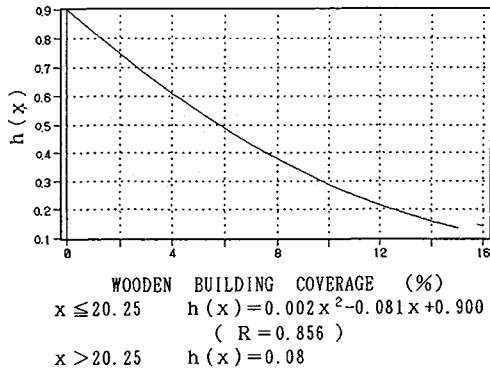


Fig. 5 Evaluation Function of "Danger of Fire".

値をむかえる。

(2) 重み付け手法

a) 概 念

各属性の重要度 w_i を求める手法としては、数量化 I 類、重回帰分析、一対比較法、Graph-Matrix 法等が挙げられる。前者の 2 つは総合評価値 U と各属性の評価値 x_i を回帰することで重み w_i を算出する方法である。これに対して後者の 2 つは、評価者に 2 つの属性を比較してもらい、その重要度を決定している。つまり重み w_i は評価者の主観を反映して直接的に算出されている。本研究では以下のような理由により一対比較法、Graph-Matrix 法を用いる。

- 1) 評価主体が評価地域の在住者でないため、総合評価が得にくい。
- 2) アンケートのサンプル数が少数でも重み w_i の算出が可能である。
- 3) アンケートに際して、2 つの要素を比較すれば良いという簡便さがある。
- 4) 環境評価項目間の直接的、間接的効果が考察できる。

b) 解析結果

地区環境の評価項目の重みを推定する方法として、一対比較法を用いる。しかし、通常の一対比較法では一対比較の要素数を n とすると、比較対の数 m は

$$m = n(n-1)/2$$

となり、本研究のように要素数が 10 もある場合は比較対 m は急増し、アンケートの簡便性や整合性を考えると通常の一対比較は不適切である。そこで、ファジィ推移律を利用することで、最低限の比較対 n を用いて未知要素を推定し、評価項目の重みを算出する¹⁶⁾。

まず、一対比較の際の 2 つの項目の重要度は、「ある項目 x_i は項目 x_j より重要である。」というファジィ関係 R を用いて表わす。

ファジィ関係 R は次のように表わせ、

$$\mu_R : X \times X \rightarrow [0, 1] \quad X = \{x | x \in X\}$$

なるメンバーシップ関数 μ_R で特性付けられる。

このファジィ関係を用いて各項目間の相対的重要度を示すファジィ関係行列 A を作成する。

いま項目 x_1 と x_2 のファジィ関係は $\mu_R(x_1, x_2)$ 、 x_2 と x_3 は $\mu_R(x_2, x_3)$ と表わされるが、項目 x_1 と x_3 もファジィ関係 R を満たしているとする、次式が成り立つ。つまり

$$R \geq R \cdot R \text{ または } \mu_R(x_1, x_3) = \vee \{ \mu_R(x_1, x_2) \wedge \mu_R(x_2, x_3) \}$$

上記の例は関係 R の 2 回の推定であったが、同様に 3 回、4 回の推定はファジィ合成 A^3 、 A^4 と表わされる。

各項目に対して最大サイクルを形成するように一対比較が与えられた場合、項目数が 10 の場合に A の推移的閉包 A^* は以下のように表わされる。

$$A^* = A^1 \cup A^2 \cup \dots \cup A^{10} = \bigcup_{i=1}^{10} A^i$$

この推定行列 A^* によって、各項目間の未知の相対的重要度が推定できる。

ただし、これによって算出した行列 A^* は推定過程における減衰の影響を考慮していない。そこで A^* を直接的関係行列とみなして Graph-Matrix 法を用いることで、直接的、間接的影響を考慮した重みを算出した¹⁷⁾。

$$F = \sum_{i=1}^n D^i = D(I - D)^{-1}, \quad D = sA^*$$

ただし、 F : 直接・間接関係行列、 I : 単位行列、 D : 直接関係行列、 s : スケーリングファクター

また行列 $F (F = [f_{ij}])$ に対して各指標 i の重み w_i は次のように定義される。

$$w_i = f_{is} / \sum_{i=1}^n f_{is}, \quad f_{is} = \sum_{j=1}^n f_{ij}$$

この Graph-Matrix 法を考えることは、一般的に原因と効果といった連鎖が長くなると間接的関係の度合いが減衰することを示している。

以上の計算を行った結果、各指標の重みを正規化条件のある場合とない場合に分けて Table 6 に示す。

この結果、ファジィ推定による重みと Graph-Matrix 法による重みはかなり類似していることがわかった。そ

Table 6 Weight of Each Explanatory Variable.

Explanatory Variable	Fuzzy Matrix		Graph-Matrix	
	Normal	Simple	Normal	Simple
1. Danger of Fire	0.103	3.82	0.102	2.79
2. Danger of Traffic	0.11	4.09	0.109	2.98
3. Sewerage Coverage	0.096	3.57	0.096	2.64
4. Hindrance of Sunlight and Ventilation	0.103	3.82	0.102	2.81
5. Traffic Volume	0.092	3.43	0.093	2.55
6. Open Space	0.091	3.39	0.092	2.52
7. Public Space	0.093	3.47	0.094	2.57
8. Green Coverage	0.107	3.99	0.107	2.93
9. Housing Level	0.129	4.81	0.127	3.49
10. Road Ratio	0.076	2.81	0.078	2.13

の違いを比較すると前者に比べ後者は各指標間の重みの差が小さく現われている。これは推定の過程で間接的影響が減衰しているためであろう。また Fig. 2 と Table 6 を比較すると、重みの格差はあるものの、Graph-Matrix 法で得られた結果は AHP で得られたものと同様の傾向を示し、2つの重み付けに矛盾が生じなかったといえる。

(3) 定量化手法

a) 概念

従来よく使われているものに線形重み付け法があるが、これは各評価項目の評価値にウェイトを乗じた形で表わされるので、総合評価値 U にはウェイトが直接関与してくる。

これに対して、菅野¹⁸⁾によって加法性によって単調性をもつ測度としてファジィ測度が提案されており、これはあいまいな対象を主観的に計量しようとするものである。また、ファジィ積分は評価尺度としてのファジィ測度と同時に利用することで、複雑であいまいな対象の総合評価に応用できる。地区環境の評価は本来あいまいなものであり、個人による環境評価も一意的には決めたいところがある。また総合評価に関しても個人の思考は必ずしも加法的であるとはいいがたい。そこで、地区環境の定量化に際して、評価対象や評価主体のあいまいさを表現できるファジィ積分を用いることは有用なことから考えられる。

よって、本研究では地区環境の定量化手法として一般的に用いられている線形重み付け和と、ファジィ積分の2つの手法を用い比較検討を行う。

b) 解析結果

4.(1) で求めた評価関数と 4.(2) で求めた各指標の重みとを用いて地区環境評価の定量化モデルを3種作成した。その3種類の定量化手法を Table 7 に示す。

① 標準得点と線形重み付けによる定量化

定量化式は以下ようになった。

$$U^1 = -0.102 z_1 - 0.109 z_2 + 0.096 z_3 - 0.102 z_4 - 0.093 z_5 + 0.092 z_6 + 0.094 z_7 + 0.107 z_8 - 0.127 z_9 + 0.078 z_{10}$$

($z_1 \sim z_{10}$ の各指標は Table 2 の指標の順であり、標準得

点で表わされる)

ただし、標準得点 z_i は $z_i = \frac{\text{得点 } x - \text{平均 } \bar{x}}{\text{標準偏差 } S_x}$

② 評価関数と線形重み付けによる定量化
定量化の式は以下ようになった。

$$U^2 = 0.102 h(x_1) + 0.109 h(x_2) + 0.096 h(x_3) + 0.102 h(x_4) + 0.093 h(x_5) + 0.092 h(x_6) + 0.094 h(x_7) + 0.107 h(x_8) + 0.127 h(x_9) + 0.078 h(x_{10})$$

ただし、 $h(x_i)$ は評価関数を示す。

③ ファジィ理論による定量化

関数 $h: X \rightarrow [0, 1]$ のファジィ測度 g による E ($\subset X$) 上のファジィ積分は次のように表わされる¹⁸⁾。

$$f_g h(x) \cdot g = \sup \{ \alpha \vee g(E \cap H_\alpha) \}$$

ここで、 $H_\alpha = \{x | h(x) \geq \alpha\}$

ただし、ここでは集合 X は 10 指標をもち、 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}$ となり有限集合であるので、各指標の評価関数 $h(x)$ を

$$h(x_1) \geq h(x_2) \cdots \geq h(x_{10})$$

と並び変えると、ファジィ積分は簡略化でき、総合評価 U^3 は以下の式によって表わされる。

$$U^3 = f_h \cdot g = \bigvee_{i=1}^n [h(x_i) \wedge g(H_i)]$$

$$H_i = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$$

ただしここで $g(H_i)$ はファジィ測度といい、環境を評価するときの指標の重視度を表わし、以下の式で与えられる。

$$g(H_i) = g^i + g(H_{i-1}) + \lambda g^i g(H_{i-1}) = 1 / \lambda [\prod_{k=1}^i (1 + \lambda g^k) - 1]$$

この際のファジィ測度の密度 g^i は 4.(2) で求めた各指標の重み (正規化条件なし) を用いた。ただし、総合評価 U^3 に対する各指標の寄与度を考慮するためには、地区環境 (=1) に対する指標の重みを算出する必要がある。ここでは、D 調査において「地区環境に対して緑量率はどの程度の寄与度がありますか」という問いに対して 0.29 という値が得られたため、Table 6 の他の重みを緑量率 = 0.29 を基準として再計算を行い、得られた値を g^i として用いた。またパラメーター λ の値は $g(H_{10}) = 1$ とおくことで、10 次関数を求める問題に帰着する。計算の結果 λ は -0.95 となり、指標の重み間に劣加法性が生じたことを示している。

以上により得られた定量化式は次のようになる。

$$U^3 = \bigvee_{i=1}^{10} \left[h(x_i) \wedge 1 / -0.95 \left\{ \prod_{k=1}^i (1 - 0.95 g^k) - 1 \right\} \right]$$

5. 定量化手法の検証

「あなたの居住地はどの程度快適ですか」というアン

Table 7 Each Quantification Technics.

No	EVALUATION VALUE	WEIGHT	QUANTIFICATION TECHNIQS
1	Normalized Score	Graph-Matrix	Linear
2	Member Ship Function		Equation
3		Fuzzy Measure	Fuzzy Integration

Table 8 Correlation of Evaluation Value and Questionary Result.

No	Quantification Technic	Correlation Coefficient	Variance
U ¹	By Standard Value	0.552	0.10832
U ²	By Evaluation Function	0.638	0.00510
U ³	By Fuzzy Integration	0.787	0.00524

ケート調査（E調査）と本研究で得られた評価値との関係を調べ、モデルの有用性を検証する。

アンケートの方法は調査員による対話形式で、居住地区に対する地区環境を10段階評価で回答して頂き、127の有効回答を得た。

アンケート結果 U と3つの定量化手法による理論値 U^1, U^2, U^3 のそれぞれの単回帰分析を行うと、Table 8に示すようになった。なお、この際に得られた相関係数が高いほど、実際の地区環境評価の値を良く表現している。

Table 8をみると、ファジィ理論による重み付けが相関係数0.79と最も高く、地区環境の定量化手法として妥当であるといえる。ファジィ理論が高い相関を示したということは、地区環境の評価値は単なる各指標の評価値の和ではなく、環境評価の際、指標間に劣加法性が生じたことを示している。また、標準得点を用いた場合と評価関数を用いた場合を比較すると、評価関数を用いた方が相関が高くなった。これは「主観的评价値と客観的的特性値は比例関係にない」という仮定が正しいことを示している。

6. 定量化手法の適用

(1) 都市への適用

この節では5.で決定した定量化手法（ファジィ積分）を用いて地域の評価値を算出し、実際に東京23区に適用してみる。評価値の分布状況を Fig. 6に示す。

ファジィ積分を用いた500mメッシュ内の評価をまとめると図のように西高東低の形になった。

評価の低い地域に共通していることは、住宅が密集している地域であるということである。住宅が密集していれば狭少住宅率が高く、共用空地、緑が少なくなり、評価値を下げたと思われる。

また評価の高かった地域としては、練馬区、杉並区、板橋区等が挙げられる。評価の高い地域では緑が多く、空地、農地などが多いことで評価が高くなった。また、杉並区の浜田山、成田や、世田谷区の成城、大田区の田園調布、足立区の前古谷、加平等は大きな住宅が多いことにより評価が高くなっている。

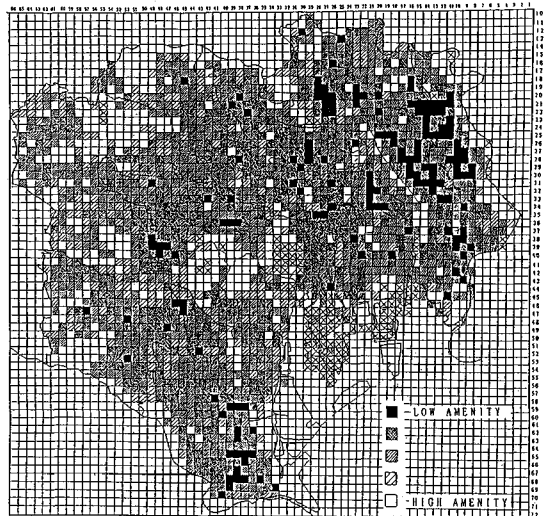


Fig. 6 Distribution of Evaluated Rank.

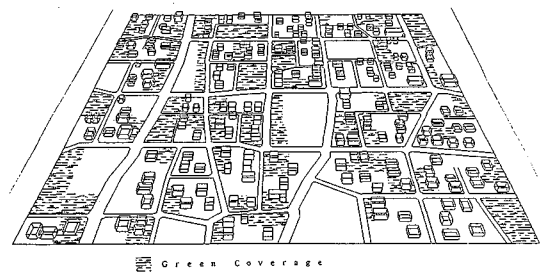


Fig. 7 Urban Image (which have MAX evaluation).

(2) 地区環境評価の高い都市像

地区環境評価が高い都市の1つとして、今回用いた地区環境評価の指標（図形表現できる6指標）の最大値を用いて、そのすべてを満足する都市のイメージ図を作成した（Fig. 7参照）。

これをみると4階以上の建物はなく非常に見通しのよい環境になる。この地区の建坪率は、約15%、共用空地が11%であるので共用空地でもない場所が多く存在し、これらが農地や森林となる。しかし単に田舎であるというわけではなく、5.5m以上の道路が17%存在することから整備が十分にされていない。これらのことから考えると環境の高い都市像とは開放的な空間が多く、それらが緑で覆われている静かな地区ということになる。

7. 市街地整備履歴と住環境評価

本章ではファジィ積分による地区環境の定量化手法 U^3 を用いて、23区の地区環境の評価値を算出し市街地整備履歴と地区環境の関係を探る。なお、市街地整備履歴とは、市街地整備が施行された面積のメッシュ面積に占める割合を指している。

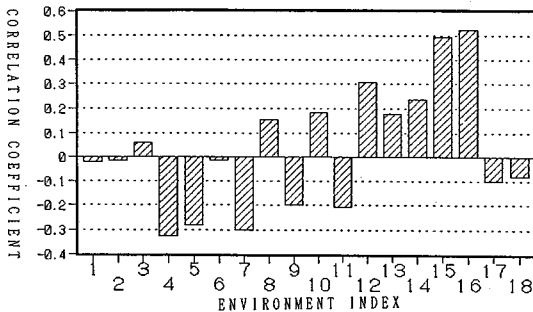


Fig. 8 Correlation of Evaluation Value and every Explanatory Variable.

(1) 変化に関する原因分析

市街地整備と地区環境の関係を検討する前に、まず地区環境の評価値がどのような要因で上下するのかその原因を探り、地区環境評価の構造を把握する必要がある。

そこで、地区環境評価に用いた指標 10 に利便性を考慮した住環境測定指標 8 を加えた計 18 指標を用いて総合的に原因を分析する。分析方法としては、地区環境の評価値と 18 指標の相関図を作成することで、内部相関を求めた。

Fig. 8 をみると、評価値に対して近隣緑量率の相関係数が最も大きく、次いで共用空地率が大きくなっている。おおむね、公園や広場といったものが地区環境の評価値と関係していることがわかる。また、近隣緑量率と他の 9 の指標（定量化の際に利用）との内部相関を求めると 0.2 以上の相関をもつものが 6 指標もあり、特に共有空地率との内部相関は 0.58 と大きなものであった。つまり、近隣緑量率が上がると、概して共用空地が増え、開放的空間が増加し、日当たりが良くなる。このように緑の指標の上昇が連鎖反応を起こし、結果的には指標の重み以上に総合値に効いてくることになる。

(2) 市街地整備履歴と地区環境評価

a) 市街地整備と評価値の関係

7.(1) の結論からすると、市街地整備を緑量率が上昇するように行えば、地区環境としての快適性は向上するし、また逆に、緑を無視した市街地整備を行えば環境は下降するといえる。

そこで、ここでは実際に行われた市街地整備について、地区環境評価値と比較することでその関係を調べる。市街地整備量（市街地整備履歴のある面積/メッシュ面積）と地区環境の評価値とを単純に回帰させると、相関係数は 0.053 と非常に小さくなった。つまりこの両者にはほとんど相関がないといえる。つまり、市街地整備がなされていても評価値が低い地域もあれば、整備が行われていないのに、評価値の高い地域もある。

そこで、市街地整備が行われていないのに地区環境評

価が高い地域について、また逆の整備が完全であるのに評価が低い地域について、その原因を考察する。この際に、23 区のすべてのメッシュ 2281 を対象にすると、市街化進行区域や未整備区域などのメッシュが入ってしまう。それでは、森林、畑、河川といった地域を含み、上述したように緑、空地のみに影響されてしまうおそれがある。そこでここでは住宅地に観点を置いて、その原因を探る（具体的には住宅用地率が 60 % 以上の地域を対象とした）。

市街地整備量 0 % で地区環境評価が低い地区 (0.65 以下) と高い地区 (0.65 以上) について比較してみると、前者は緑量率 1.5 % 以上のメッシュ数は 26 % しかないのに対し、後者は 75 % もある。つまり、整備が行われていないのに環境評価が高いのは緑が豊富であるからである。また、狭小住宅率の観点から評価の低い地区と高い地区をみると、低い地域は狭小住宅率 13 % 以上のメッシュ数は 61 % と多いのに対して、地区環境評価の高い地域は 25 % と少なく良好な住宅地となっている。

他の指標に対しては比較を行ったが緑量率と狭小住宅率が最も違いを表現している。

また、市街地整備は 100 % であるのに地区環境評価が低い地域 (0.65 以下) は、緑量率が 1.5 % 以上のメッシュ数が 27 % しかなく緑が少ない。また 5.5 m 以上の道路率 6 % 以上のメッシュ数が 43 % しかなく、道路の狭い地域であった。

結論として、市街地整備を行った際に地区環境評価に上下ができたのは、緑の量が多いのか、十分な規模の住宅が確保できたか、また十分な道路が確保できたのかの 3 点が大きな原因となっている。

b) 市街地整備量に関連した評価値の分布

次に、市街地整備が行われていないのに地区環境評価

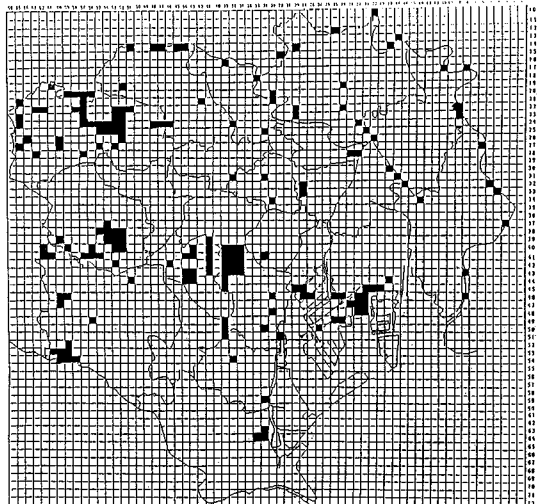
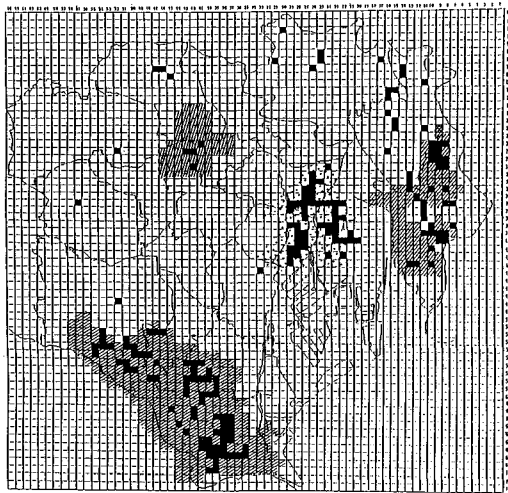


Fig. 9 Non-improved, High Evaluated District.



■ WHOLLY-IMPROVEMENT, LOW EVALUATION DISTRICT
 ▨ KOUTI-SEIRI AREA (1909 - 1941)
 ▩ SINSAI-FUKKOU AREA (1923 - 1930)

Fig. 10 Wholly-improved, Low Evaluated District.

が高い地域というのは、23区内のどの辺りにあるかを検討する。

市街地整備量0%で地区環境の評価値が0.7以上の地域を、メッシュ単位に抽出し、Fig. 9に示した(対象は区部2281メッシュである)。これをみると荒川や旧江戸川の周辺地域、臨海部、新宿御苑や代々木公園といった大規模緑地の周辺部、農地の多い練馬区、共用空地の多い杉並区の大宮周辺に集中しているのがわかる。これらは概して、公園、河川、緑地といった自然環境が存在しているところである。

また、市街地整備が行われているのに地区環境評価が低い地域を抽出する。

市街地整備が100%で住環境評価の低い地域を図示するとFig. 10のようになる。これをみるとおおむね次の3つの地域に集中していることがわかる。

- ① 荒川と旧江戸川にはさまれた地域(江戸川区、葛飾区)
- ② 山手線の東側の旧都心(中央区、台東区、江東区)
- ③ 多摩川の北側(大田区、世田谷区)

これらは総じて、戦前から発展していた地域であり、市街地整備も早い段階に行われている。また、②の山の山手線の東側は、震災復興事業が行われた地域であり、①と③の地域は戦前に耕地整理事業が施行された地域である。

震災復興と耕地整理事業の施行地区をFig. 10に重ねてみると、事業の施行地域と地区環境評価の低い地域がほぼ一致することがわかる。つまり、戦前に行われた市街地整備事業は、当時の不良地区を改善した程度におさまり、今後の地区環境を考えるうえで必ずしも理想的な

事業であったとはいえない。

総じて、地区環境を左右するもっと大きな要因は緑の量であるという結果がでた。定量化の際の、緑量率の重み自身は指標の中で3番目に大きい値にすぎないのだが、緑量率は他の測定指標との間にある程度の内部相関をもっているため、地区環境に高い影響をもつことになったと判断した。

また、緑量率と市街地整備量の内部相関は-0.129とほとんど関連がなく、今までの市街地整備は緑を増やすといった観点ではないことがわかる。特に、戦前や戦後すぐに行われたものは、地区環境評価が低く、今後の整備の課題となる。現在までの市街地整備は緑を考慮せずに施行されている場合が多いので、緑と相関の高い地区環境は、従来の整備によっては向上しにくいのである。地区環境の評価を向上させるには、緑を考慮した整備を行う必要がある。

8. おわりに

本研究では、都市空間としてみた地区環境の把握を行い、市街地整備との関連を検討した。研究で得られた結論は以下ようになる。

(1) 都市空間としての地区環境の評価を行うには、線形重み付け法よりファジィ積分の方が有用である。これは、人が地区環境を評価する際に、項目間に劣加法性が生じるからである。つまり、思考過程において評価項目の重要度を重複させて考えるのである。また、総合評価の際にすべての項目の得点を加算するというのは、必ずしも有用ではない。今までの加減乗除の計算からすると、その計算値は面積的なとらえ方をしている。しかし、環境といったあいまいなものの定量化に際しては、単調性をもつファジィ積分の方が適用性が高い場合がある。

(2) 東京都23区の地区環境の評価値の分布は、おおむね西高東低の形となり、従来からの研究(東京都住環境水準設定調査 etc.)と適合する結果となった。

(3) 評価項目のアンケートの結果、評価の高い都市像は緑と空間の多い、田園風景的なものとなった。

(4) 区画整理や宅地造成といった市街地整備事業と地区環境との関係は、単純に比例関係にはない。つまり、従来の市街地整備を行っても、必ずしも環境は向上しない。むしろ、公園や広場といった共用空地の整備や緑、河川といった自然環境が、地区環境に大きく関係している。

(5) 耕地整理や震災復興事業が施行された地域は地区環境評価が低く、不良地区を改善した程度にとどまり、良好な地区環境の形成までは至らなかったといえる。

また、本研究の問題点および課題としては以下のことが挙げられる。

(1) 今回の地区環境評価値は各指標別の評価を積み上げたものであるため、今後はトータルなイメージ図を用いて、地区環境の総体的評価を行う必要がある。

(2) モデル構築に主眼をおいたため、アンケート対象者を都市計画学習者としている。しかし本来、地区環境とは住民のためのものであり、モデル内の評価値や重みも住民アンケートによって求めるべきである。

(3) 近景および街路レベルの評価と比較検討することで、中間場のイメージ図を用いた有意性を検証する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 梶 秀樹：生活環境に対する住民満足度の構造に関する研究，日本建築学会論文報告集，1969.
- 2) 吉川和宏ほか：都市開発のための生活環境の総合評価法に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，1972.
- 3) 勝矢淳雄：環境汚染からみた生活環境の総合評価に関する研究，土木学会論文報告集，1974.
- 4) 定井善明ほか：環境影響評価項目の「重み」とそれに影響する要因に関する研究，日本都市計画学会学術研究発表会別冊，1980.
- 5) 佐々波秀彦ほか：東京都区部地域の居住環境評価に関する研究 その1～その3，日本建築学会学術講演梗概集，1974.
- 6) 秋山健三：住環境に対する住民の反応としての評価の分析，日本都市計画学会学術研究発表会別冊，1976.
- 7) 中村英男ほか：道路騒音の被害意識の実験的分析，土木学会論文報告集，1975.
- 8) 東京都における住環境の水準設定調査概要報告書，東京都住宅局，1985.
- 9) 快適環境の創造に向けて，東京都環境保全局，1988.
- 10) 定井善明・増田勇人：「住みよさ」からみた都市施設整備事業計画の合理化に関する研究，日本都市計画学会学術研究論文集，pp.181～186，1988.
- 11) 及川清昭・原 広司・藤井 明：都市景観の定量的把握（その3），日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.2323～2324，1983.
- 12) 篠原 修・屋代雅充：街路景観のまとまりに及ぼす沿道建物の効果に関する計量心理学的研究，土木学会論文集，第353号，pp.131～138，1985.1. など.
- 13) 都市計画の手引：都市景観編，日本都市計画学会，1983.9.
- 14) 棚橋一郎：既成市街地地区における環境評価構造の解明と環境の計量手法に関する基礎的研究，学位論文，1986.
- 15) 田村 宏・中川義英・森本章倫：ファジィ理論を用いた「居住環境イメージの満足度」の定量化に関する研究，土木学会年次学術講演会，1989.
- 16) 永野孝一・金安公造：ファジィ理論による重み付け手法について，土木学会年次学術講演会，pp.419～420，1986.
- 17) Sawaragi, Y. and Inoue, K. : Graph-Matrix Method in Environmental Assessment, Environmental System Planning, Design and Control International Federation of Automatic Control, pp.757～764, 1977.
- 18) 菅野道夫：Fuzzy 測度の構成と Fuzzy 積分によるパターンの類似度評価，計測自動制御学会論文集，第9巻，第3号，pp.361～368，1973.

(1989.7.10・受付)