AHPを用いた評価手法の実証的考察

— 地区分級に関する基礎的研究 (5) —

Substantiative Considerations on Applying Analytic Hierarchy Process to
Evaluation Process — Basic Study on District Suitability Classification (5) —

星 野 敏*・北 村 貞太郎**

Satoshi HOSHINO and Teitaro KITAMURA

I はじめに

前報¹⁾では地区分級に適用可能な3つの評価手法(配点法, 主成分分析法, AHP法)に対して, 理論的考察を加え, その特性を明かにした。本報の課題は実際に先の3つの評価手法を適用して, 各評価手法の優劣を実証的に比較考察することである。評価事例としては都市的地区分級を取り上げる^{注1)}。

与えられた評価問題に対して, 最も適切な重み係数の値(真値)を求めることが, 評価手法に課せられた基本的課題であるが, 現実の評価問題に対して, この真値を求めることは不可能である。つまり各評価手法から求められた重み係数値の妥当性を直接, 検証することはできないのである。しかし, 評価手法の妥当性は重み係数の導出過程の点検作業とその重み係数から算出される評価値の妥当性の検証から, 推察することは可能である。本報では上記の2側面について, 各評価手法の結果を比較する。

II 都市的適性評価の枠組

本節では評価手法にとっての前提となる評価対象地域, 利用目的, 評価単位, 評価基準, 評価構造などの概要を示す。

1 評価対象地域と目的

本報で扱う評価問題は都市的地区分級であり, その評価基準は都市的適性(住宅用地適性)である。評価対象地域は諏訪地域内の茅野市である。諏訪湖周辺の西部盆地では, もはや十分な開発余地が残されていないが, これを肩代りするかたちで, 農地, 林地等, 広い開発可能地を擁する茅野市に突出した人口増加がみられる²⁾。諏訪地域全体での, 1980年から1985年にかけての人口増加率が1.70パーセント(年率0.3パーセント)であるのに対して, 同期間の茅野市のそれは6.95パーセント(年率1.4パーセント)に及んでいる。

茅野市では1986年より, 農振計画の見直し作業が進行中であった(1988年に完了)。茅野市での都市的地区分級の目的は農振計画の見直しにおける判断資料の作成にある(農業的地区分級も並行して実施している)。この場合の判断資料とは, 計画見直しの主体である自治体当局が, 地区毎の見直し戦略を見極めるための資料であるとともに, 地元地区住民に対する説得材料としての資料である。なお, 評価結果の一部は茅野市役所での報告会で関係者に報告されている。

2 評価単位

評価単位の「地区」は行政区であるが, これは農業集落界にはほぼ準じて区域設定されている。農業集落内部の開発不適区域(急傾斜地), 既存の

* 岡山大学農学部 Fac. of Agr., Okayama Univ., Okayama 700. Japan

** 京都大学農学部 Fac. of Agr., Kyoto Univ., 606. Japan

開発区域（住宅団地，別荘，レクリエーション用地）および共有地は評価領域から除外している。このような地区設定により，評価領域は大規模な土木的工事を行わずに都市的用地として開発可能な区域であるとみなしうる。なお総地区数は63地区である。

3 評価基準

一般に都市的土地利用には住宅用地，商業用地，工業用地，観光・レクリエーション用地，公共施設用地が含まれる。従ってその適性も土地利用種によって異なっていて，都市的土地利用適性（以下都市的適性と略称する）はそれらを総合したものになろう^{注2)}。しかし以下の理由から都市的適性の評価基準を，住宅用地としての適性（住宅用地として開発・利用する場合にどの程度，適当であるか）の水準に限定した。

①従来の都市的地区分級の研究事例で，住宅用地適性は最も重視されてきた。

②住宅用地を除く都市的土地利用の立地は一定の要件を満足する区域内に限定されるのに対して，住宅用地の場合は全域的広がりをもって発生する傾向がある。よってその空間的差異の把握に計画資料としての意味がある。

③本報の目的である評価手法の比較をより厳密に行うために，評価基準に内在するあいまいさ^{注3)}を内容の限定によって除去し，それが評価結果を攪乱することをさける必要がある。

4 評価構造と指標

都市的適性評価のために図1に示すごとく，生活環境施設の利便性，都市基盤施設の整備水準，土地条件からみた適格性の3つの評価項目を設定した。評価項目は尺度指標と基準の間を結ぶ中間的な評価基準であり，これ自体も複数の尺度を統合したものである。また評価項目毎の指標を表1に示した。総指標数は15指標である。

Ⅲ 評価手順について

④配点法，⑤AHPを用いた方法（AHP法と略称する），⑥主成分分析を用いた方法（主成分

分析法と略称する）の3つの評価手法を適用する。なお，配点法とAHP法の手順に類似点があるため，本報では配点法，AHP法，主成分分析法の順に検討を行う。

図2に評価手順の概略を示した。評価手順は大きく3つの段階に分けることができる。

＜指標データの準備段階＞

前掲表1の各指標について指標データを作成し，それを等価値尺度上の値に変換する（等価値尺度化された指標データを指標値と略称する）。判断者グループは関連専門分野で長期間の業務経験をもつ7名の市役所職員である。変換方法は直接評価法に従った^{注4)}。全指標は0点から5点までの等価値尺度上の値をとり，値が大きい程，評価（価値）が高くなる。主成分分析法の場合，指標データは標準化して用いられ，かかる手順は一般に必要とされない。ただし，評価関数の比較のためには同一指標データを用いる必要があるため，主成分分析法でも等価値尺度化された指標データを用いる（主成分分析の過程で指標データは標準化される）。

＜主観的判断の抽出段階＞

評価関数構築に必要な主観的判断が判断者グループから抽出される。配点法では各人の持点を1,000点とし，評価項目毎に各指標の重みに応じて配分してもらった。その平均値を代表値とした。3つの評価項目の重みも同様の方法で求める。またAHP法では評価項目毎に，それに含まれる指標の一对比較を合議の上で判定してもらった。なお，主成分分析法の場合には該当する手順内容はない。

＜評価関数の構築段階＞

評価関数の重み係数が各評価手法に従って算出される。配点法とAHP法では次式の加法型評価関数が用いられる。ここに E_i は評価項目 i （ $i=1, 2, 3$ ）の評価値， E は総合評価値を意味する。 X_{ij} と W_{ij} は評価項目 i に含まれる指標 j （ $j=1, \dots, n_i$ ，但し n_i は評価項目 i の指標数である。なお，評価項目 i に含まれる指標 j を指標 ij と略称する。）の指標値と重み係数をそれぞれ示し， W_i は評価項目 i の全体の重み係数を示す。

図1 都市的適性の評価構造と個別評価項目の内容
Fig. 1 Structure of Evaluation of Urban Landuse Suitability

表1 評価指標と具体的内容
Tab. 1 Indices of the Evaluation

【生活環境施設の利便性】	
①文教施設	小学校までの距離 ^{*1}
②日用品の購入	DID地区までの道路距離 ^{*1}
③バス交通	路線バスの本数 ^{*2}
④集会所施設	集会所施設の規模 ^{*3}
⑤医療施設	最寄の医療機関までの距離 ^{*2} と利便性 ^{*3}
⑥集落内道路の整備水準	集落内道路に関する連続評価 ^{*5}
【都市基盤施設の整備水準】	
⑦土地区画整理水準	土地区画整理事業実施区域とその予定 ^{*5}
⑧総道路密度	幅員2.5m以上の総道路延長/地区面積 ^{*4}
⑨基幹道路密度	一級市道以上の道路延長/地区面積 ^{*4}
⑩下水道の整備水準	下水道接続可能世帯数/地区世帯数 ^{*3}
⑪公園施設の整備水準	都市計画公園までの距離 ^{*4}
【土地条件からみた適格性】	
⑫地盤条件	地質及び表層地形区分 ^{*5}
⑬日照条件	傾斜方向による区分 ^{*5}
⑭標高条件	地区中心の標高 ^{*4}
⑮風水害からの安全性	風水害の履歴 ^{*2}

*1 農業センサス集落カード(1980年) *2 都市計画基礎調査(1987年)
*3 市役所独自の調査(1987年) *4 1/25,000地形図より直接読取
*5 専門家に依頼した連続的评价結果

図2 3手法による評価手順
Fig. 2 Procedures of the Three Evaluation Methods

$$E_i = \sum_{j=1}^{n_i} W_{ij} X_{ij}, \text{ 但し } \sum_{j=1}^{n_i} W_{ij} = 1 \quad (i=1,2,3) \dots (1)$$

$$E = \sum_{i=1}^3 W_i E_i, \text{ 但し } \sum_{i=1}^3 W_i = 1 \quad \dots (2)$$

配点法の場合、 W_{ij} 及び W_i は（指標或は評価項目に与えられた平均得点／1,000点）で算出し、AHP法の場合、一対比較行列の固有値問題を解いて得られる第一固有ベクトルを、総和が1となるように正規化して算出する。この際、後述のように配点法の重み付け結果の一部を用いてスケール値の修正を行う。また主成分分析法では全15指標をまとめて主成分分析にかけ、各主成分の因子負荷量（固有ベクトル）が重み係数に相当する。

IV 評価関数の重み係数

本節では理論的考察で指摘した幾つかの問題を、重み係数の導出過程の点検と重み係数の比較により検討する。

1 配点法

配点法では、指標が全体の中で占めるべき相対的重要度を総合的に判断した上で、それを数値として回答することを判断者に要求する。このように高度な総合的判断を要求するため、各指標に対する配点回答には必然的にまるめの誤差が含ま

れ、これが問題となる。配点法による判断者の回答の一例として、都市的適性の総合評価に関する3つの評価項目への配点結果を表2に示す。

各判断者の特点を1,000点としているが、この表からも明らかなように、その回答は概ね50点単位である。これ以外の配点結果は省略するが、回答数全体（3評価項目（15指標）×7名分）の57パーセントは100の倍数であった。同じく84パーセントは50の倍数（但し100の倍数を含む）であり、のこり16パーセントが10の倍数であった。このように配点法では各判断者の回答にまるめの誤差が、かなり含まれていることが推察されるため^{注5)}、2桁目の数値は十分に信頼できない。

2. AHP法

AHP法では一対比較行列の固有ベクトルから重み係数が算出される。ただし、これ以前に、継次的にカテゴリ尺度（判断のものさし）上に記された一対比較判断が相対的重要度比を示す数値に変換されていなければならない。このとき、各カテゴリに重要度比の数値を対応させたスケール値が必要となる。従来、スケール値として「1－9スケール」が提案されているのであるが、理論的考察で指摘したように、その妥当性は必ずしも保証されたものではない。

表3は土地条件からみた適格性項目に含まれる指標グループを例として、スケール値の修正効果をみたものである。比較のため、配点法の結果も

表2 個人別配点結果の例

Tab. 2 An Example of Allotments of Marks (the Empirical Method)

評価項目 \ 判断者	A	B	C	D	E	F	G	平均値
生活環境施設の利便性	450	100	400	300	400	450	500	371
都市基盤施設の整備水準	350	700	350	500	300	350	400	421
土地条件からみた適格性	200	200	250	200	300	200	100	207

表3 スケール値の修正効果の例

Tab. 3 Effects by Adjustment of the Scale Values (the AHP method)

土地条件からみた適格性	配点法	AHP法	
		1-9スケール	修正スケール
㊷地盤条件	0.178	0.081	0.175
㊸日照条件	0.255	0.152	0.220
㊹樹高条件	0.262	0.213	0.245
㊺風水害からの安全性	0.305	0.554	0.360

表示してある。

1-9スケールを配点法と比較すると、重み係数の基本的な大小関係に違いはみられないが、配点法で相対的に重み係数の小さい指標は1-9スケールではより小さく、逆に相対的に大きい指標はより大きく設定されていることが理解される。なお、この傾向は全ての対比較グループ(省略)に共通して指摘しうる^{注6)}。1-9スケールの場合、軽重のコントラストが強めに設定されているため、重み係数の最大/最小比は、配点法で1.7であるのに対して、AHP法では6.8である。

⑮風水害からの安全性指標を例にとると、配点法による重み係数が0.305であるのに対して、AHP法(1-9スケール)による重み係数は0.554となっている。前述のようにまるめの誤差のため、配点法の2桁目は信頼できないと仮定しても、1-9スケールの重み係数は判断者の考える重み係数(真値と一致するとは限らない)の存在区間から大きくズレている。一方、配点法の最大/最小比を用いて修正したスケール値^{注7)}の場合では、配点法の結果と微妙な差がみられるものの、かなりの程度、似通った値を示すようになる。

以上の結果から、AHP法を単独で適用することが必ずしも評価関数の精緻化には結び付かない危険性があり、スケール値の修正作業が必須であることを指摘しうる。

3 主成分分析法

全15指標に一括して主成分分析法をかけたところ、固有値が1を越える主成分が4つ検出された。表4は主成分負荷量を示している。

主成分負荷量の特徴として、第一主成分へのまとまりを指摘できる。この理由としては、評価基準を従来の都市的土地利用適性から住宅用地適性に限定したため、比較的、類似性の高い指標の割合が大きかったこと、指標データを直接評価法によって等価値尺度化する過程で、それぞれの地区の住宅地適性にひきずられた尺度変換がなされた(このため指標相互に擬似的な相関関係が生み出された)ことなどが考えられる。

第一主成分では、特に②日常品の購入、⑦土地区画整理水準、⑩下水道の整備水準、⑭標高条件が0.7以上の負荷量を示している。しかし④集会所施設、⑫地盤条件、⑮風水害の安全性については負の負荷量を示している。『標高の低い(標高条件の良い)沖積地に中心街地が立地し、土地区画整理や下水道整備が行き届いているが、反面、地盤が軟弱で風水害も受けやすい』、また『都市基盤整備の進んでいない農村部では、集会所施設が良く整備されている』等の事例地域の状況とよく整合するが、本来、正の値をとるべき重み係数^{注8)}が負になっているという点で評価の観点から

表4 主成分分析の結果

Tab. 4 Results of Principal Component Analysis (PC Loadings)

指 標	主成分負荷量			
	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4
①文教施設	0.294	0.381	-0.442	0.517
②日常品の購入	0.827	-0.212	0.117	0.088
③バス交通	0.516	0.255	-0.475	-0.076
④集会所施設	-0.494	0.069	0.659	0.155
⑤医療施設	0.547	0.208	0.530	0.177
⑥集落内道路整備水準	0.491	0.351	0.050	-0.566
⑦土地区画整理水準	0.701	0.117	0.178	-0.373
⑧幹線道路密度	0.697	0.233	0.047	0.156
⑨基幹道路密度	0.672	0.274	-0.018	0.169
⑩下水道の整備水準	0.780	-0.037	0.047	-0.356
⑪公園施設整備水準	0.628	0.105	0.175	0.359
⑫地盤条件	-0.564	0.262	-0.167	-0.185
⑬日照条件	-0.026	0.903	0.084	-0.071
⑭標高条件	0.853	-0.290	-0.035	0.143
⑮風水害からの安全性	-0.644	0.572	0.098	0.099
寄与率%(累積寄与率%)	38 (38)	13 (51)	8 (59)	8 (67)

は明かに矛盾する。

また第二主成分では⑬日照条件以外は⑮風水害からの安全性が高い負荷量を示している程度で、集団的な指標のまとまりはみられない。第三主成分では、④集会所施設と⑤医療施設の負荷量は正でやや高いが、①文教施設と③バス交通の負荷量は負でやや高く、第四主成分では、①文教施設は正でやや高いが、⑥集落内道路整備水準は負でやや高い等、どちらも第一主成分と同様に、評価の観点からは矛盾したものとなっている。以上のことから、第二主成分以降は評価に有効な主成分とは言いがたい。そこで、重み係数に若干の矛盾点を残しているが、第一主成分を評価関数に採用する。

4 重み係数の類似性比較

④配点法、⑥AHP法、③主成分分析法の3評価手法による重み係数を比較する。ところで④配点法と⑥AHP法の重み係数は前掲式(1)及び式(2)の W_{ij} , W_i である。よって指標 ij の、総合評価値 E に対する重みは $W_{ij} \times W_i$ で与えられる。一方、③主成分分析法の評価値（第 k 主成分得点 Z_k ）は次式で与えられる。

$$Z_k = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} l_{kij} x_{ij}, \text{ 但し } \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} |l_{kij}|^2 = 1 \dots\dots (3)$$

ここに Z_k は第 k 主成分得点、 l_{kij} は指標 ij に関する第 k 主成分負荷量（第 k 固有ベクトル）、 x_{ij} は指標 ij の標準化得点を示す変数である。指標 ij についてのサンプル s の標準化得点 x_{ij}^s は次式で与えられる。

$$x_{ij}^s = (X_{ij}^s - \bar{X}_{ij}) / \sigma_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

ここに X_{ij}^s は指標 ij のサンプル s の指標値、 $\bar{X}_{ij}$ は指標 ij の平均値、 σ_{ij} は指標 ij の標準偏差である。

④及び⑥と、③とでは重み係数の正規化の方法（式(1), (2), (3)の【但し】以降の部分）と指標データ（④及び⑥では指標値そのもの、③では指標値の標準化得点）の両方が異なるため、直接比較することができない。そこでまず式(4)を式(3)に代入することによって指標データの相違による影響を除外する。

$$\begin{aligned} Z_k^s &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} l_{kij} (X_{ij}^s - \bar{X}_{ij}) / \sigma_{ij} \\ &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} (l_{kij} / \sigma_{ij}) X_{ij}^s - \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} (l_{kij} / \sigma_{ij}) \bar{X}_{ij} \\ &\dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

式(5)の第2項はサンプルに依存しない定数項（添字 s を含まない）であり、評価値の相対的差異に関与しない。よってこれを無視し、第1項の X_{ij}^s にかかる係数 (l_{kij} / σ_{ij}) を指標 ij の重み係数と考える。次に重み係数の絶対値の最大値が1になるように変換することによって、正規化の方法を統一する。結局、以上をまとめると次式によって3つの重み係数を比較可能な形に変換することができる。

【④配点法と⑥AHP法の重み係数】

$$(W_{ij} \times W_i) / \text{Max} \{ |W_{ij} \times W_i| \} \dots\dots\dots (6)$$

【③主成分分析法の重み係数】

$$(l_{kij} / \sigma_{ij}) / \text{Max} \{ |l_{kij} / \sigma_{ij}| \} \dots\dots\dots (7)$$

表5は(6), (7)式に従って求めた各評価関数の重み係数である。全体的にみると④配点法と⑥AHP法の間では重み係数の最大指標が一致し（⑦土地区画整理水準）、その他の指標についても類似性がみられるが、④配点法と③主成分分析法及び⑥AHP法と③主成分分析法の間には強い類似性がみられない。また③主成分分析法では、⑫地盤条件の重み係数が負で最大となっている。

全体的な類似度を定量的に測る手段として類似パターン分析³⁾が有効である。これは n 個の数値を n 次元空間上でのベクトルと考え、2つのベクトルの挟む角度の余弦によって両者の類似性を計測するものであり、次式で与えられる。

$$\cos \theta_{ab} = \sum_{i=1}^n a_i b_i / \{ (\sum_{i=1}^n a_i^2) \cdot (\sum_{i=1}^n b_i^2) \}^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

ここに a_i ($i=1, \dots, n$) と b_i ($i=1, \dots, n$) は2組の n 次元ベクトル成分、 θ_{ab} はそれらが n 次元空間上で挟む角度である。2つのベクトルが完全に一致するとき、 $\cos \theta_{ab} = 1$ ($\theta_{ab} = 0^\circ$) である。

式(8)による類似パターン分析でも④配点法と⑥AHP法では $\cos \theta_{ab} = 0.949$ ($\theta_{ab} = 18^\circ$) であるの

表5 各評価手法による重み係数の比較

Tab.5 Comparation of Weight Coefficients by the Each Method

	配点法 ¹	AHP法 ¹	主成分法 ²
【生活環境施設の利便性】			
①文教施設	0.633	0.590	0.295
②日用品の購入	0.431	0.622	0.910
③バス交通	0.334	0.418	0.508
④集会所施設	0.180	0.174	-0.359
⑤医療施設	0.334	0.750	0.562
⑥集落内道路の整備水準	0.286	0.724	0.742
【都市基盤施設の整備水準】			
⑦土地区画整理水準	1.000	1.000	0.732
⑧幹道路密度	0.325	0.239	0.735
⑨基幹道路密度	0.438	0.382	0.639
⑩下水道の整備水準	0.468	0.616	0.538
⑪公園施設の整備水準	0.270	0.179	0.529
【土地条件からみた適格性】			
⑫地盤条件	0.218	0.258	-1.000
⑬日照条件	0.313	0.325	-0.018
⑭標高条件	0.321	0.362	0.844
⑮風水害からの安全性	0.374	0.532	-0.657

*1 $w_{ij} \times w_{ji} / \max\{|w_{ij}| \times |w_{ji}|\}$ に相当する。下線は最大絶対値が1の指標。

*2 $(1/k_{ij} / \sigma_{ij}) / \max\{|1/k_{ij}| / |\sigma_{ij}|\}$ に相当する。下線は最大絶対値が1の指標。

に対して、⑥配点法と⑩主成分分析法では $\cos \theta_{ac} = 0.589 (\theta_{ac} = 54^\circ)$ 、⑥AHP法と⑩主成分分析法では $\cos \theta_{bc} = 0.601 (\theta_{bc} = 53^\circ)$ となって、上記の指摘を端的に支持する結果となった。

V 評価値の検証

本節では一対比較を用いた評価値の検証方法を開発し、それを用いて前述の3評価手法の評価値を検証する。

1 評価値の検証方法

評価関数によって求められた評価値に対して閾値を設定し、最終的に数ランクの等級付けがなされる。しかしこの過程にランク数や閾値の設定にかかる恣意性の問題がある。一方、従来の遠観評価の方法（評価者が評価対象に数ランクの等級を付ける）にも同様の問題を指摘できる。

そこで各手法の評価結果を評価値の段階で比較することにする。これによってランク数や閾値の設定にかかる恣意性を排除する。また遠観評価の方法を従来の数ランクの等級付けから、一対比較による序列（優劣）判断に変更する。これによっ

てランク数や閾値の設定にかかわる恣意性を排除すると共に、従来、同一ランクに評価されていたような僅差の違いを抽出できる可能性がある。つまりここで用いる方法は序列比較的ではあるが、遠観評価による等級区分図と分級図とを重ね合わせる従来の検証方法よりも厳密な検証が可能である。

評価値の検証手順は次のとおりである。

①地区ペアのサンプリング

事例地域には63地区の評価地区があり、この中から2地区を選びだす組合せは ${}_{63}C_2 = 1,953$ 通りあって、その全てを評価者に依頼することは實際上、不可能であり、また不必要でもあると思われる。そこで近接する2地区を重点的にサンプリングする方法^{注9)}で120組の一対比較ペアを準備した。サンプリングに際しては乱数を用いた。

②遠観評価の方法

図3に示した遠観評価記入用紙を評価者（判断者グループの7名と同一メンバー）に依頼した。評価者は都市的適性の総合評価が高いと判断される地区名に○印を付け、判断のつきかねる場合には△印を付ける。

③評価値の正答率の算出

地区ペアの一対比較に関する遠観評価結果を

達観評価記入用紙			
旧村名	地区名	旧村名	地区名
○ □□□	A	□□□	B
◇◇◇	C	◇◇◇	D
□□□	E	△ ◇◇◇	F
.....	...		...

←地区Aが地区Bより評価が高い場合

←地区Dが地区Cより評価が高い場合

←評価の優劣が付け難い場合

図3 達観評価記入の例

Fig. 3 An Example of Supervisory Judgements Sheet

図4 達観評価（判定差1P1-P31）のばらつき

Fig. 4 Variations of the Supervisory Judgements (1P1-P31)

集計する。地区Aと地区Bのペアを仮定し、 p_1 , p_2 , p_3 をそれぞれ地区Aが高いと答えた評価者数、どちらとも言えないと答えた評価者数、地区Bが高いと答えた評価者数とする（ $p_1 + p_2 + p_3 = 7$ ）。今、 $|p_1 - p_3|$ を判定差と呼び、最大判定差は7、この判定差が判定基準を満足するとき、有効であると考え。例えば、判定基準を「判定差3以上」とするとき、 $|p_1 - p_3|$ の値が3以上である地区ペアを有効地区ペアとする。

各評価手法による評価値を用いて当該有効地区ペアの優劣比較を行い、それが達観的判定結果と一致するばあいには正答、一致しない場合に誤答とする。全ての有効地区ペアについて、各評価手法の正誤を求め、その正答率を算出する。

2 評価値の検証結果

達観評価（判定差）のばらつきを図4に示した。

全120組の1/3は「判定差なし」或いは「判定差1」であった。逆に完全に各評価者の達観評価が一致した（判定差が7）のは全体の割にすぎなかった。この理由としては評価値の近接した地区ペアが重点的にサンプリングされていたため、比較判断自体が困難であったことが推察される。また評価者の数（7名）が少な過ぎたため、判断誤差の混入による影響も大きいことが考えられる。よって判定差の小さい地区ペアには達観評価自体の信憑性に若干の問題があると思われる^{注10）}。

表6に各評価手法の正答率を示した。判定基準は表中に示したように、判定差3、2、1の3種を設定した。この表より、以下の点を読み取れる。

①各評価手法とも判定基準が下がるほど、正答率を下げている。これは⑦判定自体がより困難になるため評価関数の正答率が下がる、④達観評価の誤判定の可能性が大きくなる等から予想される

表6 各評価手法の正答率の比較

Tab. 6 Comparison of Coincidence Rates by the Each Method

判定基準	㊸配点法			㊹AHP法			㊺主成分分析法			判定基準 未満
	正	誤	正答率	正	誤	正答率	正	誤	正答率	
判定差3以上	51	16	76%	54	13	81%	53	14	79%	53
判定差2以上	59	21	74%	63	17	79%	60	20	75%	40
判定差1以上	69	38	64%	74	33	69%	76	31	71%	13

* 表中の数値は地区ペアの数を示す。正答率の算出には判定基準未満のペア数を含めない。

帰結と整合する。

㊸配点法とAHP法を比較すると、いずれの判定基準下においてもAHP法の正答率が僅差で上回っている。

㊹AHP法と主成分分析法を比較すると、判定基準の高いケース（判定差3及び2）ではAHP法が、判定基準の低いケース（判定差1）では主成分分析法が、いずれも僅差で正答率が上回っている。

なお、表中の正答率は6割から8割程度であるが、これは評価値の近接した地区ペアについての正答率であり、全ての組合せについての正答率はこの値をかなり上回るものと推察される。

VI 総括

本報では総合的評価問題に対する評価手法の比較を評価関数の重み係数と評価値の検証の2つの視点から行った。また、これに関係して重み係数の比較方法と評価値の検証方法を新たに提案した。最後にここで取り上げた3評価手法の比較結果を総括する。

㊸配点法

評価関数の重み係数では判断者の回答にはまるめの誤差が含まれている可能性が具体的に確認された。1,000点を持点として判断者に与え、重要度に応じて配点する方法で重み係数を決定したが、配点回答数の約6割は100の倍数、8割以上は50の倍数であり、重み係数の精度は高くないことが推察された。配点法による評価値の正答率は他の手法と比べて若干、劣っていた。

㊹AHP法

1-9スケールによって算出した重み係数は配点法の場合と比べて大小関係は等しいが、数値的

には軽重のコントラストが強く現われていた。配点法の重み係数にまるめの誤差の混入が考えられるとしても、1-9スケールの重み係数はそれ以上に、判断者の考える重みから外れていると推察された。このことは、スケール値の修正作業が必須であることを意味する。

配点法の結果（重み係数の最大/最小比）を用いて、スケール値を修正したところ、AHP法の重み係数を配点法のそれに近づけることができた。スケール値を修正するならば、AHP法の結果は判断者に対しても受入れられ易いと考えられる。

また評価値（修正スケールによる）の正答率は良好であった。僅差ではあるが、いずれの判定基準においても配点法より上回っていた。AHP法では、継次的カテゴリ尺度上で一対比較判断を行うため、回答の自由度は制限され、ここに配点法でみられたまるめの誤差と同種の問題を指摘しうるが、判断が全ての指標の組合せに対して重疊的になされるが故に、結果として配点法よりも高い正答率を達成しえたのではないかと推察される。以上の結果は、配点法にAHP法を組合せた評価手法によって、評価関数の精緻化の可能性を示唆している。

㊺主成分分析法

第2主成分以降では評価関数としての有意な意味付けは困難であり、また、第1主成分においても幾つかの指標の重み係数が負の値を取るなど、評価の観点からは明かに矛盾する点がみられた。評価に対しては第1主成分を用いることとし、重み係数を算出したが、それは上記2手法の場合とは大きく異なっていた。

重み係数に以上のような問題が指摘しうるのにもかかわらず、評価値の正答率は概して良好であり、判定条件の緩い場合にはAHP法を上回る正

答率を示した。これは評価基準の内容をより限定したために、理論的考察から帰結される評価上の問題が顕在化しなかったことなどが関係していると思われる。本報の事例を正答率のみで判断するならば、主成分分析法は十分、適用可能であると判断される。

ただしトレードオフの関係にある指標が相対的に多く含まれる場合^{注1)}には重み係数にみられた矛盾点が拡大し、評価値の正答率に重大な影響を与えることが懸念される。しかも、主成分分析結果の修正操作は入力指標の取捨選択によらざるを得ないが、第一報⁴⁾で指摘したように、第一主成分はかかる操作に対して硬直的であるため、有効な評価関数を導出できない危険性を指摘している。

以上の結果をまとめると、評価関数の重み係数において主成分分析法にみられた矛盾がなく、配点法にみられた『まるめによる誤差』を小さくして、評価関数の精緻化が期待でき、また評価値の正答率でも良好な結果が得られたという諸点から、地区分級の評価手法としてはAHP法(配点法によってスケール値を修正)が最も妥当である判断される。

VI おわりに

AHPを用いた評価手法が地区分級の新しい評価手法として定着しうするためには、従来の手法と比較して、何等かの優位性がなければならない。前報での理論的考察と本報での実証的考察によって、「適切な重み係数を決定する」という評価手法の基本課題に照らして比較した場合の、AHP法の優位性が明かにされたと考える。しかし、実践的な意味での評価手順については今後、更に検討していく必要があろう。

事例調査にご協力いただいた茅野市役所の矢島雅幸企画課長ならびに関長一氏、品川博和氏、小平栄三氏、北原邦俊氏、牛山武樹氏、萩原進氏、柳平茂登氏の方々にお礼申し上げる。

なお、本報は、昭和62年度文部省科学研究費補助金(奨励研究(A)、『地域計画のための地域診断手法に関する研究』、研究代表者:星野敏)によ

る研究成果の一部であることを付記する。

注 釈

注1) 都市的区分級を評価事例に選んだ理由は、従来の評価手法では、必ずしも適切な評価関数を構築できない場合があるという経験的認識のためである。ただし、本報の論旨は都市的区分級のための評価手法を開発する点ではなく、AHP法の評価手法としての特性—より厳密に言えば価値的かつ静態的な評価問題に対する有効性—を従来の手法と実証的に比較・考察する点に置かれている。

注2) 都市的区分級の従来の事例では住宅用地適性の他に、工業用地適整に関する指標が加えられている場合が多い。

注3) 都市的区分級基準は『都市的土地利用の適合性と可能性』であるとされる⁵⁾。都市的土地利用の内容に多様性があることと同時に、適合性(適性)と可能性(将来予測)という異なる概念を同居させている点にあいまいさがある。

注4) 直接評価法とは評価単位毎に指標データを等価値尺度値に変換する方法であって、これは指標別に各評価単位の連観の評価を行うことに近い。

注5) 持点が1000点の場合でも50点単位に配点されるならば、表現しうる差異は高々、20段階である。AHP法の一对比較判断においても、判断のものさし上でのカテゴリの選択において配点法と同様の『まるめの誤差』を指摘しうる。

注6) この傾向は判断のものさしにあてはめられたスケール値の幅が広過ぎるために生起する。1-9スケールの幅は1であるが、注7の方法から得られた修正スケールの幅は、いずれも0.3-0.6程度であった。

注7) スケール値の修正方法は以下のとおりである。

①配点法による重み係数から最大/最小比Rを求める。

②最大指標と最小指標の一对比較判断の結果(判断のものさし上でのカテゴリ位置)にRが対応するように各カテゴリのスケール値を設定する。

注8) 主成分負荷量を重み係数に変換するためには、後述(7)式のような数値処理が必要である。

注9) サンプリングの詳細な手順は以下のとおりである。

①AHP法の評価値を降順に並べかえ、各地区に番号を与える。

②乱数を発生させ、それを地区1の番号とする（既にもとめた地区ペアと重複する場合は除く）。

③地区1の番号に定数を加えた値を地区2の番号とする。このときの定数は3, 7, 10のいずれかとする。

全120組の中で同じ定数分だけ順位の異なるペアが1/3ずつ含まれるようにした。

なお、総地区数は63地区であり、これを5ランクに等頻度でランク分けしたとすると、上記の方法で抽出された地区ペアは、設定閾値によっては同一ランクに分類され得る可能性のあるもの同士である。

注10) 3評価手法による評価関数の構築作業が終了してから、評価値の検証のための遠観評価を実施するまで、4ヵ月近く、経過していた点も、判断者による地区ペアの対判断を困難にした要因になったと考えられる。

注11) 例えば【土地条件からみた適格性】項目だけに

限定して評価し、同様の手順で評価値を検証するならば、主成分分析法による評価値が表6のような高い正答率を取りえたかは甚だ疑問である。

【引用文献】

- 1) 星野敏他, AHPを応用した評価手法の理論的考察, 農村計画学会誌, Vol.7, No.4, pp2-12, 1989
- 2) 星野敏他, 農業的地区分級の動態の評価と変動の履歴による類型区分, 農村計画学会誌, Vol. 4, No. 3, pp 5-19, 1985
- 3) 武藤和夫, 森島賢編著, 『地域農業計画の方法と実際』, pp 107-114, 明文書房, 1979
- 4) 星野敏他, 主成分分析による分級評価の問題点とその事例の検討, 農村計画学会誌, Vol. 3, No. 3, pp 23-32, 1984
- 5) たとえば北村貞太郎他, 農村土地利用計画と都市計画調整, 農村計画, Vol. 20, pp 3-12, 1980

In the previous paper, the authors proposed the new evaluation method applying AHP and theoretically compared its characteristics with those of the former methods. In this paper, the three methods (empirical, PCA, AHP) are applied to District Suitability Classification for Urban Landuse. The study area is Chino City in Nagano Prefecture. Each methods are substantively compared in respects of both weight coefficients of the evaluation functions and evaluation values calculated by the functions. Results are as follows.

The inconsistency, which appeared in the weight coefficients estimated by the PCA method, was not found in case of both the empirical method and the AHP method. The evaluation values were checked by supervisory judgements and it was found that the AHP method could construct more accurate function than the empirical method.

Based on the above results, we conclude that the AHP method is superior to the former methods (empirical and PCA) if the scale values are adjusted in an appropriate way.