

IV-3 ファジィ環境下での多基準評価法の地域計画問題への適用

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋 誠 一

1. はじめに

地域計画を推進する場合、最も困難な問題の1つは、地域を構成する多数の利害グループ間で、それぞれの望ましい解が異なることである。たとえば、開発と、環境の問題を持ち出すまでもなく、地域計画問題は、本質的に、複数目的のトレードオフによって構成されている場合が多い。一般に、ある地域計画問題を検討することは、政策変数によって、ある地域目標が、達成される度合を評価することと考えることができる。ある政策変数の、目標達成プロセスを評価する場合、それに付随する目標も併せて考えなければならない、それらの目標を取り込んだ複数目的の問題となる。また、政策変数も、通常、1つとは限らず、複数となるので、総合的な視点も必要である。これが、地域計画における多目的計画問題である。これらの多目的計画問題は、その性格上、複数目的を布置する連続的な空間で評価される。したがって、多目的計画問題は、この連続的な空間に含まれる、無限個の解から、それぞれの利害グループのもっとも望ましい解を見つけることと言い換えることができる。

さらに、その手順として、解の許容空間において、最適曲面を考えることができるが、これは、パレート最適解といわれる。現実的には、この解を見つけても計画問題の解としては、実用的でない。なぜなら、曲面上、どの点も解となりうるからである。したがって、それらの解の中から、最も望ましい解を見つけ出す意思決定プロセスが必要となる。これには、効用理論の適用が最も多く用いられている。それらの解法は、それらの解に順序を与える方法、いわゆる序数的な選択の方法を考えるもの、また、解そのものの絶対的な評価を行いその統合化によって求める基数的な方法を考えるものに大別される。これらによって、解空間における、意思決定者あるいは、各利害グループの満足する解、望ましい解を決定するのである。¹⁾

一方、地域計画、都市計画においては、解空間の

連続性を意識しないで、離散的な代替案によって、計画案を決定しようという考え方がある。²⁾ 実際の計画案を選好する場合、むしろ実用的な考え方と考えられ、今後広く用いられることが考えられる。この考え方の最も一般的な方法は、多基準分析である。この方法は、代替案による、各属性の達成基準を算定し、それらの達成基準に対する、意思決定者の相対的な重みの評価と結合することによって、各代替案の選好性を決めるものである。この場合、各代替案は、連続曲面になくとも評価できる点が大きな特徴となっている。したがって、変化に富んだ計画代替案の相対的な選好性を容易に把握できる。ここでは、第1に、この多基準分析の地域計画問題への、適用可能性について、その、条件によって方法論の整理を行う。また、第2に、より弾力性のある方法として、ファジィ環境下での多基準分析の利用方法について、事例を通して検討するものとする。

2. 多基準分析法

(1) 多基準分析法の分類

前述したように、多基準分析の場合、その操作変数が必ずしも被整除性(divisibility)でなくてもよい意思決定問題である。これは、われわれが、地域計画での意思決定問題を考える場合、多くみられることである。特に、このような離散的な問題は、基盤整備の場合、例えば、道路の車線決定や、河川を横断する橋梁数の決定、あるいは、施設の立地箇所の決定など多くの計画決定の場合に当てはまるといえる。

離散性については、ある特別な取扱を必要とするが、次のとおりである。³⁾

i) 代替案集合は、凸条件を課する必要はない。そして、結果的に、パラメトリックプログラミング(重み関数による方法)が、効率解を与える。

ii) 離散性は、限られた数の代替案のみ有用であるという結論を出す。結果として、方法の特徴は、数多くの目的に対して、要約されたよい目的を表すこと

にはならない。ここでは、代替案の相対的な有利性あるいは、不利性に対する情報が、より関係してくる。すなわち、目的間での順序づけの分析がここでの重要な方法となる。

iii) 離散的問題は、しばしば、目的についての序数的情報を含んでいる。コンコーダンス分析のような代替的方法が、より適当な方法であるといえる。ここでは、これら離散系意思決定問題分析の方法は、つぎの3つの視点から分類されたと考える。

a) 優越性情報の利用…ある場合とない場合によって意思決定に影響がある。b) 問題の規模…代替案の数の大小によって、採用する方法論に違いが現れる。c) 情報の型…基数型情報と序数型情報によって、評価の方法が異なる。特に、この中で、代替案の数の大小によって、導入する方法論が、少し異なる点に着目して、議論を進めていくことにする。

(2) 多数代替案の場合

はじめに、代替案の数が多き場合である。この場合は、数が多くて、意思決定が、代替案単独、あるいは、それを統合して行うことができない場合に相当する。この場合は、次のようにまとめられる。

①まず、計測値が基数で、優越性情報がない場合が、基本となる。この場合、代替案とその代替案がもたらす目的に対する結果から計画評価行列を導く。それと、各代替案を導入すべきか否かのダミー変数を、導入し、ダミー変数を制御変数とするベクトル最大化問題を解くことが、基本的な手順となる。

②また、優越性を決める情報がある場合には、感度分析によって、これらの計画評価行列を修正しながら、その代替案の組合せを決定する方法を導入する。

③さらに、計測値が、基数でなく序数の場合、例えば、いくつかの目的の特性が、基数的評価が行えないような場合、あるいは、目的が、原則的には、基数によって計測可能であるが、十分なデータがない場合などに当てはまる。この場合は、基本的に序数計画効果行列を構築しておこなう。しかし、現実的には、基数評価と序数評価が混合している場合が多く、その場合は、序数の基数化という形で、①の方法を適用する。

(3) 少数代替案の場合

次に代替案が少ない場合である。この条件での計画問題は、一般的に非常に多くみられ、本論でも、以

下の検討項目は、この場合を、議論するものとする。

①まずはじめに、計測値が基数であり、優越性情報がない場合を基本として説明する。この場合、代替案の賛否の詳細な分析に焦点を当てた方法を導入する必要がある。すなわち、(a) 確率による方法、(b) 順序づけによる方法、(c) コンコーダンス分析などが考えられる。

コンコーダンス分析は、代替案の一対比較に基づいて行う分析で、ELECTREという名称で、初めて用いられた。中心的概念は、コンコーダンス集合 $C_{nn'}$ であり、これは、代替案 n が、代替案 n' より、優先するか、少なくとも同じ大きさである目的の集合である。⁴⁾

$$C_{nn'} = \{j | r_j^n \geq r_j^{n'}\} \quad (1)$$

コンコーダンス分析の特徴は、目的間の優越性について、優越性情報を用いる点である。そこで、そのような情報がない場合、変数を与えることとなる。コンコーダンス集合が定義されると、次に、コンコーダンス指数 $c_{nn'}$ を導入する。そして、この指数は、 n は、 n' より、選好されるという表現に対する強さの度合を示すものである。例えば、次のように定義される。(rは、達成基準をしめす)

$$c_{nn'} = \sum_{j \in C_{nn'}} \{ (r_j^n - r_j^{n'}) / (\bar{r}_j - \bar{r}_j) \} \quad (2)$$

②測定値が基数、優越性情報の利用のありの場合、多くの方法が開発されている。コンコーダンス分析も、この条件の場合、最もよく利用されている。先述したように、コンコーダンス分析における共通の条件は、意思決定者が、その優越性を、J目的の重要性で評価した一連の重みによって表すことである。優越性情報がある場合でも、①と同様、はじめに、コンコーダンス集合 $C_{nn'}$ が与えられる。そのとき、コンコーダンス指数は、与えられた優越性評価によって、次のように計算される。

$$c_{nn'} = \sum_{j \in C_{nn'}} \lambda_j \quad (3a)$$

$$c_{nn'} = \sum_{j \in C_{nn'}} \lambda_j \{ (r_j^n - r_j^{n'}) / (\bar{r}_j - \bar{r}_j) \} \quad (3b)$$

(2)と(3)を比較すると、(2)は、計画効果行列Rについての情報を含むのみであるが、(3a)は、重みのみであり、また(3b)は、2つの要素の結合されたものとなっている。

③計測値が序数で優越性情報の利用のない場合には、①の場合の考え方で、序数による評価を行う場合であり、それと同じ方法は適用できない。ここでは、第1に、序数データの統計的分析をいかに行うか、

次に、コンコダンス分析を、序数の場合、どのように考えたらよいかということを検討する必要がある。統計的手法は、計画効果行列において、与えられた順序が満足される序数データに、統計的基数を割り当てることになる。ある代替案が、あらゆる他の代替案より選好されるという確率、あるいは、ある順序づけが発生する確率は、同様な方法で計算される。原則的に、均一な分布の推定への結果の感度は、指数分布などに対する分析を繰り返すことによって、確かめられる。

コンコダンス分析について考えると、コンコダンス集合 $C_{nn'}$ は、序数と、基数の両方に関係する。コンコダンス指数に関しては、次の2つの定式化が考えられる。

$$C_{nn'} = \sum_{j \in C_{nn'}} 1 \quad (4.a)$$

$$C_{nn'} = \sum_{j \in C_{nn'}} r_j^n - r_j^{n'} - 1 \quad (4.b)$$

最初の集合は、代替案 n が、少なくとも、代替案 n' と同程度以上である目的の数を表す。次の指数は、 $C_{nn'}$ におけるあらゆる目的での n と n' の間で順序づけされた代替案を数えている。(4.a)と(4.b)の違いは、前者は、ある代替案が、他の代替案に比べ優越しているかどうかをみるだけであり、後者は、その違いの大きさをも考慮している。

④計測値が序数で優越性情報の利用のある場合は、序数計画効果行列 R と目的の重要性のカテゴリの導入が、考えられる。最小重要カテゴリでの目的の重みは、1に等しいとする。最も高い重みは、 L に等しいとする。目的 j に関して代替案 n のスコア q_j^n は、(5)式に等しい。

$$q_j^n = r_j^n + \lambda_j \quad (5)$$

1)ある目的について一対の代替案 j, j' の計画効果の違いは、重要性のカテゴリで、区別される。(例えば、 j は、 j' よりかなしい、あるいは、まあまあよい、等しいなど)

2)目的が、重要性のカテゴリの有限数で分けられる。(例えば、非常に重要である、むしろ重要、あまり重要でないなど)

コンコダンス分析は、重要度の各カテゴリと重要性を分離して実行できる。重要度 s のカテゴリによる代替案 n が、 n' より選好される $C_{nn'}(s)$ を、基準 j の集合であるとする。そのとき、 $c_{nn'}(s, t)$ は、(4.a)で計測された重要性カテゴリ t の基準で、 $C_{nn'}$

(s)に基づいた代替案の対(n, n')のコンコダンス指数として定義される。このように $c_{nn'}(s, t)$ は、重要性カテゴリ s に関する限り、 n が n' よりよい達成度をもつという重要性クラス t の基準の数が計測される。これは、別の視点からは、質的多基準分析ともいう。

(4)まとめ

連続問題と離散問題の多目的決定問題の重要な違いは、前者は、代替案の選択と同様、設計を目的としているが、後者は、ただ選択のみを扱っている。

この違いは、特に、離散問題での代替案が、少ないときは、顕著である。例えば、その場合の代表的な方法であるコンコダンス分析での目的と構成要素は、連続問題と本質的に異なっている。もう1つの離散問題の重要な点は、序数データがありうることである。2つの序数データの取扱い方があるが、第1の方法は、序数データを直接、基数データに変換する考え方である。それによって、あらゆる基数データの分析が適用できる。この場合、結果の感度分析が必要となる。第2の方法は、変換が必ずしも直接必要としないやり方である。しかしながら、限られた結論に到達するために、これらの方法は、計算の最後で、序数データの基数的解釈を避けることができない。

3. ファジ環境下の多基準分析

(1)ファジ環境

2. で説明したように、複雑で、大規模な、地域計画問題は、基本的には、問題を解決するための、いくつかの代替案と、その問題と関連するさまざまな問題において達成される目的に対する情報の存在の仕方によって、自ずと方法が決定されるといえる。その情報が、少なく、かつ、あいまいである場合、序数評価、あるいは、質的な評価という形で、多基準分析が行われる。しかしながら、これらの方法は、本質的に決定的なシステムであり、特に、あいまい性が、情報に存在する場合、被決定性の概念を導入する必要がある。被決定性を表現する代表的な集合の概念が、ファジ集合である。ここでは、2. の最後のこうで示した、質的な多基準分析の考えを、さらにファジ集合で表し、多基準分析を行う方法について、検討してみる。

(2) ファジィ多基準分析⁵⁾

i) 集計アプローチ: r_{ij} が、基準 j に関して、代替案 i の選好性のランクであり、意思決定者への基準の相対的重要性を表現する主観的重みを w_j とする。クリスプ多基準分析として、用いられた頻度と代替案の全ての評価に到達する最も簡単な方法を考えると、 R_i は、ランクに基づく期待値として表される。

$$R_i = \sum w_j r_{ij} \quad (6)$$

一般的に、 R_i は、代替案が、容易にランクづけされることができることによる実数である。

しかしながら、 r_{ij} は、 w_j と同様、多くの場合、よりの確に、ファジィ数によってモデル化される。

ii) Yager の方法

これは、Yager によって考えられた方法で、代替的行動の集合 $X = \{x_i\}$ と目標 (属性) の集合 $G = \{g_j\}$, $j=1, \dots, m$ を考える。 $\tilde{g}_j = \{x_i, \mu_{\tilde{g}_j}(x_i)\}$ は、ファジィ集合であり、そのメンバーシップの度合は、代替案 x_i による、基準化された目標 j の達成度を表す。ファジィ意思決定 D は、 $\mu_{\tilde{g}_j}(x_i) = \min \mu_{\tilde{g}_j}(x_i)$, $i=1, \dots, n$ と考え、そして最大化の意思決定は、 x_i' であるということによって定義される。

$$\mu_{\tilde{g}_j}(x_i') = \max \min \mu_{\tilde{g}_j}(x_i) \quad (7)$$

ここでは、目標のメンバーシップ関数の指数重みづけによってこれを説明する。もし、 w_j が、目標の重みであるならば、重みづけされたメンバーシップ関数 $\mu_{\tilde{g}_j}$ は、次のようになる。

$$\mu_{\tilde{g}_j}(x_i) = (\mu_{g_j}(x_i))^{w_j} \quad (8)$$

w_j の決定のためには、AHP 法の利用、すなわち、それらの相対的重要性に関する目標の対比較による、逆比行列の決定の利用を考えている。

この $m \times m$ 行列の固有値の要素が重みとして用いられる。指数を重みとして用いることは、たとえば、修飾語 "たいへん" でみると、2 乗として定義される。このようにして、目標の重要性が高ければ高いほど、ファジィ集合の指数が大きくなる。

iii) Baas & Kwakern の方法

この方法の基本は、代替案 a_i , $i=1, \dots, n$ と、基準 c_j , $j=1, \dots, m$ を考える。 r_{ij} が、基準 j に関して代替案 i の評価として示される。基準 j の重みすなわち、その相対的重要性であるが、 w_j と表す。代替案の順序は、次の大きさで決定される。

$$R_i = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij} / \sum w_j \quad (9)$$

最適代替案は、 R_i は、最大となるものである。

なお、Kahne は、 w_j と r_{ij} が、統計的変数であり、最適代替案は、モンテカルロシミュレーションを用いて決定されるとした。

Baas らは、上の考え方に次のようなファジィ集合を導入している。 r_{ij} は、基準 j に関しての、代替案 i のファジィ評価値である。そして、 w_j が、目標 j の重み (重要度) である。目標 j に関する代替案 i の評価値は、また、メンバーシップ関数 $\mu_{\tilde{r}_{ij}}(r_{ij})$ で表される。同様に、目標 j の重み (相対的重要性) は、ファジィ集合 w_j によって表され、メンバーシップ関数 $\mu_{\tilde{w}_j}(w_j)$ によって表される。すべてのファジィ集合は、基準化される。

ステップ 1 (代替案の評価値の決定)

代替案の評価は、次のような r_{ij} と w_j を基礎として、計算されるファジィ集合であると考えられる。

次のように定義される関数 $g(z): IR^{2n} \rightarrow IR$ を考える。 $g(z) = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij} / \sum w_j$, $z = (w_1, \dots, w_n, r_{11}, \dots, r_{in})$. 空間 IR^{2n} でのメンバーシップ関数 $\mu_{\tilde{z}_i}$ は、次のように定義される。

$$\mu_{\tilde{z}_i}(z) = \min \{ \min (\mu_{\tilde{w}_j}(w_j)), \min (\mu_{\tilde{r}_{ik}}(r_{ik})) \} \quad (10)$$

関数 g を通して、ファジィ集合 $\tilde{z}_i = \{(z, \mu_{\tilde{z}_i})\}$ がファジィ集合 $\tilde{R}_i = \{(r, \mu_{\tilde{R}_i})\}$ 、次のようなメンバーシップ関数を導く。 $(\tilde{z}_i = (\mu_{\tilde{z}_i} / z))$ とも表す。

$$\mu_{\tilde{R}_i}(r) = \sup \mu_{\tilde{z}_i}(z) \quad r \in IR \quad (11)$$

$\mu_{\tilde{R}_i}(r)$ は、ステップ 2 において達成される順序の基礎となる代替案 x_i の最終評価値である。

ステップ 2 (順序づけ)

x_i の最終順序づけのために、もし x_i が $r_i = R_i$ のようなクリスプな順序づけと考えたならば、そのとき、選好する代替案の集合を (12) から決定される最も高い評価値 x_i を選択することが最初の手順である。

$$\{x_i \in I \mid R_i \geq r_j, \forall j \in I, I = \{1, \dots, m\}\} \quad (12)$$

ここでは、最終評価がファジィ値であることから、問題は、より複雑である。ここでは、また代替案の選好可能性について情報を供給する R_i の他に、2 つの異なったファジィ集合を提案している。

a) 第 1 に、特性関数がつぎのような条件付き集合 $(\tilde{I} \mid \tilde{R})$ である。

$$\mu_{(\tilde{I} \mid \tilde{R})}(x_i \mid r_1, \dots, r_m) = \begin{cases} 1 & \text{もし } R_i \geq r_j, \forall j \in I \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases} \quad (13)$$

このメンバーシップ関数は、与えられた代替案 x_i が、もし $r_i \geq r_j \quad \forall j \in I$ である場合のみ選好された集合に属していることを表す。

最終ファジィ評価値 R は、空間 IR^n でのメンバーシップ関数 $\mu_{\tilde{R}}(r_1, \dots, r_m) = \min_{i=1, \dots, m} \mu_{\tilde{R}_i}(r_i)$ となるファジィ集合 $\tilde{R} = \{(r_1, \dots, r_m), \mu_{\tilde{R}}(r_1, \dots, r_m)\}$ を定義する。

条件付きファジィ集合とともにこのファジィ集合は、メンバーシップ関数が次の式となるファジィ集合 $\tilde{I} = \{(x_i, \mu_{\tilde{I}}(x_i))\}$ を導く。

$$\mu_{\tilde{I}}(x_i) = \sup_{r_1, \dots, r_m} (\min \{ \mu_{\tilde{R}}(x_i), \mu_{\tilde{I}|\tilde{R}}(x_i) \}) \quad (14)$$

これは、代替案 x_i は、最良の代替案である程度を表す。もし、この式での最大値が得られる唯一の i があるならば、 $\mu_{\tilde{I}}(x_i) = 1$ である。そのとき、代替案 x_i は他のあらゆる代替案をクリスプに支配するといえる。上述の情報に加えて、他のあらゆる代替案を上回る代替案 x_i の選好可能性の度合を表すファジィ集合 P_i が決定される。

まとめると次のようになる。

1. x_i のファジィ評価値としての $\mu_{\tilde{R}}(x_i)$
2. x_i が最良代替案である強さとしての $\mu_{\tilde{I}}(x_i)$
3. あらゆる他の代替案を上回る x_i の選好可能性の度合としての $\mu_{\tilde{P}}(p)$

iv) その他の方法

前述した方法は、類似の評価値では、代替案に十分な差がなく比較が難しく、その視点から、いくつかの発展的方法が提案されている。Jainは、ファジィ最大化集合を導入し、より近いグレードを持つ代替案を最良としている。また、Chenは、識別力をさらに増加するために、ファジィ最小化集合を考慮するべきであるとしている。

v) ルール集合をベースにした結果評価法

著者らは、主として、Jainの方法を基礎としているが、ルール集合によって、優越性判断しやすくし、達成基準値の対比較から、最終的な優越性集合の選択まで、一連のプロセスで行い得るようにルールベースシステムによる評価法を構築した。

基本的なルールについてまとめると、次のようになる。

- ① とりうるファジィ数の範囲が等しく、ピークが異なる場合、達成度が大きい方を優越させる。
- ② とりうるファジィ数の範囲が違う場合、範囲の大きい方を優越した。
- ③ ピーク値の共通の領域があり、範囲が等しい場合、最大達成度の高い方を優越させる。

④ ピーク値の達成度とファジィ数領域の達成度が逆転している場合、ピーク値の高い方の達成度を優先させる。

4. 実例による評価

(1) ダム開発地域の地域振興策の選択

ここでは、ダム開発地域における地域振興策において、特に重要な施策を、意思決定者の優越性情報をもとにして、その選好解をえる考え方について、略述する。対象地域は、現在、計画されているダム開発地域であるTダムA市をとり上げる。評価のための達成基準指標としては、A市で、必要とされる生活環境に関わる次のようなものを考えた。

1. 病院整備、2. 下水道整備、3. ポンプ施設整備、4. 新規街路整備、5. 商業地域整備、6. 新規雇用機会開発、7. コミュニティ施設整備、8. 文化施設整備、9. 老人養護施設整備、10. 教育施設整備、11. 公営住宅建設、12. 観光事業育成、13. 植樹の増進

また、計画代替案については、①水没による生活再建を優先的に考える施策、②公共施設を優先的に考える施策、③地域産業に対して優先的に考える施策、④ダム周辺の利用を優先的に考える施策、⑤水没対象に対して補償を優先的に考える施策の5つを導入する。図1および図2は、各計画代替案による各達成基準の達成度合を、メンバーシップ関数で表したものである。この場合は、その中で、病院整備（図1）と新規街路整備（図2）を示したものである。

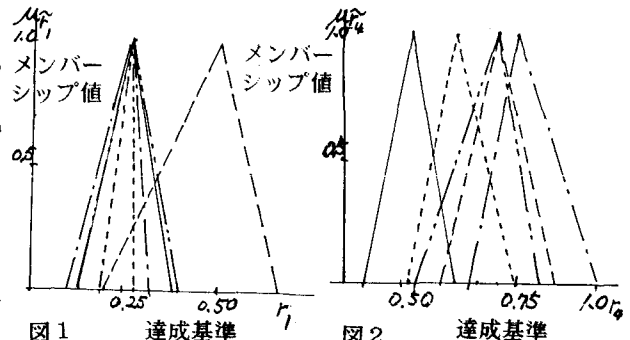


図1

図2

各代替案による達成基準
ファジィ評価
(1. 病院整備の場合)

各代替案による達成基準
ファジィ評価
(4. 新規街路整備の場合)

凡例

- 代替案1 - - - 代替案2 - · - 代替案3
- · - 代替案4 · · · 代替案5

また、重みのファジィ集合については、各達成基準に対しての意思決定者（地域住民の各階層から抽出した45名）の調査によって三角メンバーシップ関数に作成したものをを用いる。

これを用いてそれぞれの、達成基準ごとに各代替案の優越性について、先述した、いくつかのファジィ多基準分析法による結果を示したものである。さらに、最終的な代替案の順序づけについても示している。これによると、結論的には、各方法について、大きな順序変化がみられないが、第2、3、4位で逆転している場合が認められた。

表1 ファジィ多基準分析結果

方法 達成基準	Yager	Baas & Kwakern.	本研究
1	2>1~3~4~5	2>1~3~4~5	2>1>3>4~5
2	3>2>1>4~5	3>2>1>4~5	3>2>1>4>5
3	3>2>1~4~5	1~2~3~4~5	3>2>1>4~5
4	3>2~4>5>1	3>2~4>5>1	3>2>4>5>1
5	3~4>5>1>4	3~4~5>1>4	3>4>5>1>2
6	3>1~4>5>2	3>4~5>1>2	3>4>5>1>2
7	2>1>4>3~5	2>1>4>3~5	2>1>4>3~5
8	4>3>2~5>1	4>3>2~5>1	4>3>2>5>1
9	2>1>5>3~4	2>1>5>3~4	2>1>5>3~4
10	4>3>2>5>1	4>3>2~5>1	4>3>2>5>1
11	5>1>2>3>4	5>1>2>3>4	5>1>2>3>4
12	4>3>1~5>2	4>3~1~5~2	4>3>5~1>2
13	4>3>1~2~5	4>3~1~2~5	4>3>1~2>5
代替案 総合順位	3~2~4~1~5	3~2~1~4~5	3~4~2~1~5

（表の数字は代替案番号をあらわす）

（主）>は、優越、~は、無差別を表す。

5. まとめと考察

以上、多目的問題を含む多基準分析の方法論について、その情報の量および質との、対応関係に着目して整理を行った。最近、AIの普及と共に、データ、情報、知識などについての取り扱い方が、議論を呼んでいるが、地域計画に関わる複雑な問題においても、情報の質と量が今後、ますます重要な問題になると考える。したがって、そのような観点から、検討事項をまとめてみることにする。

①われわれが地域計画に関わる問題を考える場合、その問題をとりまく情報をどの程度、どのような形で収集するかが問題となる。problem-orientedで考

えた場合、これからはむしろ、情報収集可能な範囲で、それを用いる方法を考える必要があり、量と質に応じた、一連の方法群を揃えておくことが必要になると考える。その意味で、ここで検討した、数理計画問題の解法は、多様性があり、情報の量と質に対応した、選択が可能であるといえる。

②特に、最近エキスパートシステムなどで用いられている、浅い（表層）知識で真理を探る方法、不確実な知識で確かな評価を行う方法、直感力、常識などで、推論する能力などの必要性を考えると、計画問題も、連続的な方法から、離散的な方法へと、利用の分野が発展していく趨勢にあるといえる。したがって、ここで考えられたファジィ多基準分析法も、適用の容易さ、解の明確さ等、改善する必要がある。

③今回は、十分な、ケーススタディを行うことができなかったが、多基準分析での重要な点は、計画代替案の定義、計画代替案を実施した場合の、達成基準の予測、各目的基準に対する重みの把握の方法であるが、それらの調査を行う場合、今回整理した分類を、あらかじめ検討しておくことが重要である。

④今後の研究の課題は、できるだけ、緻密な知識ベースを作成して、多基準分析のエキスパートシステムばかりでなく、多目的計画法をも含めたシステムに改善することであるといえる。

参考文献

- 1) R.L. Keeney & E. Wood; An Illustrative Example of the Use of Multiattribute Utility Theory for Water Resources Planning, Water Resources Research, Vol. 13, pp. 705-719, (1977).
- 2) P. Nijkamp & J. Vos; Multicriteria Analysis for Water Resource and Land Use Development, Water Resources Research, vol. 13, pp. 523-518 (1977).
- 3) P. Rietveld; Multiple Objective Decision Methods and Regional Planning, North-Holland, pp. 83-190, (1980).
- 4) L. Ducstein & J. Kempf; Multicriteria Q-Analysis for Plan Evaluation, Multiple Criteria Analysis-Operational Methods, Gover, pp. 87-99, (1981).
- 5) H. J. Zimmermann; Multi-Criteria Decision Making in Crisp and Fuzzy Environments, Fuzzy Sets Theory and Applications, NATO ASI Series, D. Reidel Publishing Company, pp. 233-256, (1985).
- 6) 加賀屋誠一; ファジィシステムによる道路粉塵影響の地域診断と改善策評価法、土木計画学研究・論文集、No. 6, pp. 81-88, (1988).