

北海道大学工学部 正員 加賀屋 誠 一
デラウェア大学 菊 池 慎 也

1.はじめに

近年、土木事業を円滑に推進するために、事業計画に対する事前および事後の評価の重要性が指摘されている。この種の検討は、従来地域住民を含めた意思決定者に対する調査を統計的な分析によって求めるというのが常套であった。しかしながら住民の意識形成や意思決定は非常に複雑でかつあいまいなものであり、二値的評価より、多値性の下での議論が必要である。意思決定者の判断特性では、1つは各評価要素の効用評価でのあいまい性がある。例えば、運転者の交差点右折の場合を考えると、対向車への距離の評価がこれに相当する。他の1つは代替的施策の嗜好性の強さにおけるあいまい性である。例えば、上記の運転者の場合、右折を決定する判断がこれに相当する。代替案評価は一般的にこれら効用の評価と嗜好性の評価を結合することで行なわれる。

ここでの条件は、これらのあいまい性をもった評価は、多値性評価、すなわち主観の幅を認めいくつかの判断の様相性を表現できるものとする。そして目的として、あいまい性を代替案評価のプロセスに導入し意思決定者の判断に関する様相変化に基づいた意思決定システムモデルを構築し、実際の適用を試みることである。

2.方法と手順

(1)計画施策と評価項目および評価属性の選択

地域計画に関わる様々な問題、例えば、地域エネルギーシステム整備、交通環境整備などの基本的課題をそれを解決するための施策と評価属性について、ブレーンストーミングなどによって抽出整理する。

(2)評価項目に対する各属性評価

各属性ごとに、意思決定者に記述形容詞による質問を行い、その回答を言語変数によってファジィ数に変換し、ファジィ代数により効用値として整理する。

(3)ファジィ寄与ルール法による効用評価

寄与ルール法は、1対の評価項目に対する効用評価によって相互の選好強さを計測しマトリクスによって

それらの序列評価を行うものである。ファジィ寄与ルール法は、ファジィ効用とファジィ選好性を新たに導入したもので、意思決定者の評価に対する主観性をより弾力的に評価できると考えられる。今、2つの選択肢(対象とする代替案)を a_i, a_j とし、意思決定者(調査対象者) k が集団の選好に寄与する量を表す関数 $C_k(\text{contributory rule})$ を用いるとその選好性を次のように定義する。

$$a_i R a_j \quad \text{iff } \tilde{C}_m(a_i, a_j) \geq 0 \quad (1)$$

$$\tilde{C}_m(a_i, a_j) = \tilde{u}_m(a_i) - \tilde{u}_m(a_j) \quad (2)$$

ここで $a_i R a_j$ は、意思決定者 k にとって、代替案 a_i は代替案 a_j より好ましいか同程度に好ましいことを表し、 $\tilde{C}_m(a_i, a_j)$ は、意思決定者 k の a_i の a_j に対する選好の強度を表す。 $\tilde{u}_m(a_i)$ および $\tilde{u}_m(a_j)$ は、言語変数で表現されたファジィ効用である。意思決定集団の選好強度は、各意思決定者のファジィ効用差の中央値を代表値とする方法で決定される。

(4)ファジィ効用値による代替案の選好性評価

次に様々な属性間の重要度について同様に意思決定者への調査を行いそれを重み係数として表す。また、各項目の代替案による達成度を定量的にあるいは、定性的に把握し、計測された重み係数と共に、多基準分析の方法によって総合評価する。得られた結果は代替案の持つ選好強さとなり計画プロセスに利用される。

3.言語変数とファジィ測度

(1)属性の調査

地域計画施策によって生活環境レベルが改善されるが、その度合いについては、いくつかの属性を抽出しそれらの達成レベルを評価することが一般的である。属性の記述形容詞表現の例は、次のように示される。

- | |
|--|
| <p>a)重要度: i)非常に重要、ii)かなり重要、iii)どちらでもない、iv)あまり重要でない、v)全く重要でない
b)コストパフォーマンス: i)非常に高い、ii)高い、iii)どちらでもない、iv)低い、v)非常に低い</p> |
|--|

これらの記述形容詞は、図1に示される5段階の言語変数に変換されファジィ代数での演算に適用される。

(2) ファジィ測度による様相表現

(1) 式による寄与関数にみられる正負の符号は、その様相によっていくつかのケースが得られる。ここではわずかの可能性をも評価し判定する測度・可能性測度から確実に認識・評価し判定する測度・必然性測度までの範囲で判断の様相が変化すると考える。その間の中間的測度として、線形的な確率測度、非線形的な一致性測度などを図2のように表す。

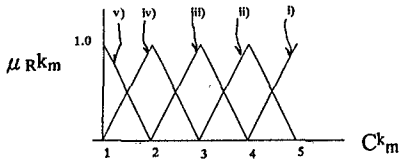


図1 記述形容詞のファジィ数表現

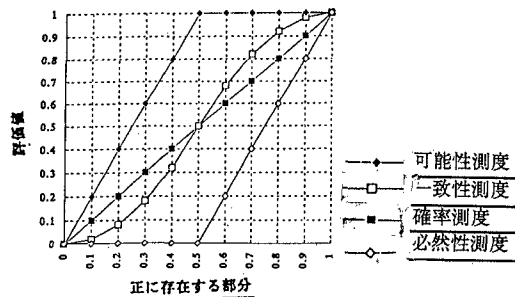


図2 効用差に対する判断の様相性

4. ファジィ評価の適用例

(1) 都市エネルギーシステムの将来計画

積雪寒冷地域における都市のエネルギー計画は、住民のエネルギー選択の条件として安全性・環境・供給安定性・経済性など高いことがわかっているが、新興住宅地域における新エネルギーシステム導入の可能性についてファジィ寄与ルール法によりそのシステムの選好性を調査した。その項目は、表1に示す施策である。ファジィ寄与ルール法で得られた選好の強さを用いてファジィグラフを構築すると表2のようになる。

表1 都市新エネルギー施策に関する項目

番号	施策項目
A	未利用エネルギー活用地域熱供給システム
B	太陽電池・自然エネルギー利用発電
C	ごみ真空輸送システム
D	廃棄物循環システム
E	土壌空気浄化システム
F	新交通システム
G	雪対策システム
H	ロードヒーティング
I	無積雪公園
J	省エネルギー建築
K	都市情報・制御・管理システム

その結果は、i) 一致性測度による選好構造をみると太陽電池・自然エネルギー利用発電、ごみ真空輸送システム、廃棄物循環システム。雪対策システムが、最上位にランクされる、ii) 可能性測度と必然性測度の様相性の幅をみると可能性では8階層に識別できるが、必然性では4階層識別にとどまっているなどである。

表2 様相の違いによる選好構造の比較

可能性測度	B=D=G>C>J>A>H>E=F>K>I
一致性測度	B=D=G>C>J>A>H>E=F>K>I
確率測度	B=D=G>C>J>A>H>E=F>K>I
必然性測度	B=D=G>C>J>A>H>E=F>K>I

注) =は無差別、>は優越を示す。

(2) 道路環境整備施策の総合評価

次の例は、都市内道路環境整備施策の選好性をファジィ多基準分析によって求めるものである。ここでは、属性としては、a)重要度、b)コストパフォーマンス、c)達成必要性、d)非代替性の4項目を導入し、また、整備施策は、札幌市の代表的な市街地での施策項目を14選定しそれらについて住民の意向を整理した。表3は整備施策項目、表4はその選好性を分析した結果である。

表3 道路環境整備施策

分類	基本的整備施策
道路構造	1)歩道の設置
道路形状	2)悪路の除去
交通公害	3)粉塵の低減、4)排気ガスの低減、5)騒音・振動の低減
交通事故	6)交通事故対策、7)通学路の安全
道路利用	8)歩道の除雪、9)交通渋滞の緩和、10)利便性の向上、11)公共交通整備
道路周辺	12)路上のごみ・看板除去、13)沿道景観
風紀	14)風紀の改善

表4 多基準分析による総合評価

可能性測度	3>8>6>9>4>14>5>1>11>2>7>13>12>10
一致性測度	3>8>6>9>4>14>5>1>11>2>7>13>12>10
確率測度	3>6>8>9>4>14>1>5>11>2>7>13>12>10
必然性測度	3>6>8>9>4>14>1>2>5>7>11>13>10>12

注) 符号については表2で用いた条件である。

その結果として、i) 粉塵の低減、歩道の除雪、交通事故対策、交通渋滞の緩和の順に選好構造がみられた、ii) また可能性測度の場合、各施策の序列がすべて明らかとなり、必然性測度の場合、5階層の識別にとどまっていることなどがわかった。

5. まとめ

以上から、意識調査の結果を単調性のみの条件で弾力的に適用できること、判断の様相性によってその選好強さが明らかとなり議論の焦点が明確になることなど実際の意思決定過程に利用できることが分かった。