

金沢大学工学部 正会員 飯田恭敬 正会員 高山純一
金沢大学工学部 学生員 〇見王 健 学生員 川嶋正宏

1. はじめに

複数の計画代替案の中から、最適な代替案を決定するための方法として、これまで種々の総合評価手法が開発されてきた。しかし、これらの手法を実際に適用しようとした場合、主に次の点が問題となる。^{(1),(2)} (1)どのような評価項目を設定するのが適切か。(2)評価項目間の「重み(ウエイト)」をいかにして求めるか。(3)評価項目に対する「評価値(インパクト値)」の不確実性をどのように扱うか。(4)複数の評価項目の総合化をいかにして行うか。という点である。特に(4)については、評価手法の選択が大きな問題となっている。なぜなら、採用する評価手法によって評価結果に差異が生ずるようであれば、計画者の意思が評価に入ることになるからである。したがって、評価に際しては各評価手法の特性を知ったうえでの評価手法の選択が必要であるといえる。そこで本研究では表-1に示す各総合評価手法がどのような評価特性を示すか明らかにするために、人工的に作成したインパクトマトリックス(表-2)を用いて特性分析を行った。具体的には、ウエイトおよびインパクト値に対し乱数を発生させ、その不確実性が評価(最優位案決定)にどのような影響を及ぼすか検討を行ったものである。

2. 評価手法の概要

まず、多属性効用関数の形が乗法形のもを、「乗法型」、加法形のもを「加法型」と呼ぶ。モデル式で示すと、それぞれ式(1)、式(2)のように表わされる。ただし、パラメータ K は式(3)の解であり、特にウエイト w_i が $\sum_{i=1}^n w_i = 1.0$ の条件を満足するとき、 $K=0.0$ (「加法型」)となる。

$$K \cdot U(a) + 1 = \prod_{i=1}^n [K \cdot w_i \cdot u_i(a_i) + 1] \quad (1)$$

$$U(a) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot u_i(a_i) \quad (2)$$

$$1 + K = \prod_{i=1}^n (1 + K \cdot w_i) \quad (3)$$

ここで、 a ；評価項目のインパクト値ベクトル
 u_i ；評価項目 i のインパクト値を $(0, 1)$ に変換するための効用関数

次に、Fuzzy 積分を利用した評価手法を考え、「重要度(ウエイト)」を基準化せずにそのまま用いて Fuzzy 測度を構成した場合を「Fuzzy-A型」(式(4))、ウエイトを基準化して Fuzzy 測度を構成したものを「Fuzzy-B型」(式(6))と呼ぶ。モデル式で示すと、式(4)のようになる。詳しくは文献3)を参照。

$$f_{\alpha} U(a) \cdot g = \max_{i=1, \dots, n} [\min (u_i(a_i), g(s_i))] \quad (4)$$

ここで、 $S_i = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ウエイトベクトル

$g(s_i)$ は Fuzzy 測度であり、次式により構成される。

$$g(s_i) = \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{i=1}^n (K \cdot w_i + 1) - 1 \right] \quad (5)$$

$$g(s_i) = \sum_{i=1}^n w_i \quad (6)$$

ただし、 K は式(2)の解であり、「Fuzzy-B型」では $K=0.0$ となる。 λ はパラメータを示す。

さらに、多規準分析法による評価手法を「Concordance型」と呼ぶ。評価は代替案 j の優位性を示す Concordance 値 c_j と劣位性を示す Discordance 値 d_j の差 CD_j (式(7))により選好順位の決定を行う。なお、詳しくは文献1)、2)

を参照のこと。

$$CD_j = c_j - d_j \quad (7)$$

表-1 検討を行った総合評価手法

	(a) 基準化なし $\sum w_i \neq 1.0$	(b) 基準化あり $\sum w_i = 1.0$
多属性効用関数	「乗法型」	「加法型」
Fuzzy 積分	「Fuzzy-A型」	「Fuzzy-B型」
多規準分析法		「Concordance型」

3. シミュレーションの方法と計算結果

使用する評価手法によって、最優位案選択確率(式(8)により計算する)がどのように異なるか検討を行う。ウエイト w_i は次に示すような一様乱数 X_i

により与え、(a)基準化の条件が無い場合には X_i をそのまま用い(式(9)), (b)基準化の条件が有る場合には式(10)により基準化してシミュレーションを行った。

$$P_j = \frac{(\text{代替案 } j \text{ が最優位となる回数})}{(\text{シミュレーションの回数})} \quad (8)$$

$$(a) \quad w_i = X_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

$$(b) \quad \begin{cases} w_i = X_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \\ w_j = X_j (1.0 - w_i) / (\sum_{j=1}^n X_j - X_i) \end{cases} \quad (10)$$

シミュレーション結果を表-3に示す。表-3は各評価手法を用いた場合の各代替案の最優位となる確率(最優位確率)を示したものである。この表より、「乗法型」、「Fuzzy A型」では代替案1の最優位確率が大きく、「加法型」、「Fuzzy B型」、「Concordance型」では代替案2の最優位確率が大きくなっており、評価手法により評価結果に差異がみられる。これは、前者の場合、評価値の中に1つでも高い評価値があると、それにより優先順位が決定される傾向が強いのに対し、後者の場合は平均的にみて評価値の高い代替案が選好される傾向が強いと考えられるからである。

3.1 ウェイト設定に着目したシミュレーション

各評価手法において、ウェイトの設定は非常に大きな問題であり、ウェイト値の変動が評価結果に大きく影響するようでは、評価に対する信頼性も低くなる。そこで、ある評価項目 i のウェイト w_i に着目し、 w_i が0.0から1.0まで0.05きざみで変化した場合に、最優位確率がどのように変化するかをシミュレーションにより検討した。これは、各評価手法の評価特性をウェイト設定の面から検討するものである。なお、

w_i 以外の他のウェイト $w_j (j \neq i)$ については式(9)、式(10)と同様、一様乱数 X_i により与えた。結果の一例を図-1に示す。これ

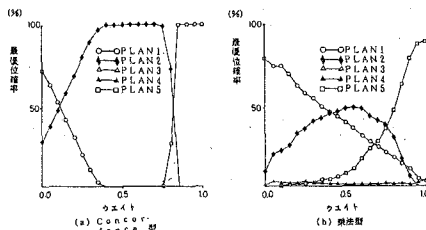


図-1 ウェイトに着目したシミュレーション ($\sigma=0\%$)

は、評価項目 C2 のウェイト w_2 に着目した場合のシミュレーション結果(Concordance型, 乗法型)である。この図より、着目したウェイトが変化すると、各代替案の最優位確率も変化することがわかる。しかし、その傾向は評価手法によって大きく異なり、ウェイトを基準化する手法(たとえば、Concordance型)においては、最優位確率が鋭敏に変化するため、ウェイトのわずかな変化に対して最優位案が入れ代わる可能性があるといえる。

3.2 インパクトの不確実性を考慮したシミュレーション

インパクト評価値の不確実性が最優位確率にどのような影響を及ぼすか、シミュレーションにより検討する。具体的には、与えられたインパクト値(表-2)を式(11)により変動させ、最優位確率の計算を行う。

$$a_i^* = a_i (1.0 - \sigma z_i) \quad (11)$$

ここで、 σ ; 相対比率, z_i ; 標準正規乱数

結果の一例を図-2に示す。なお、シミュレーションは図-1と同様にして行った。図より、不確実性(σ)が大きくなると、どの代替案も最優位案となり易くなり、評価手法による違いも小さくなる傾向にある。また、その傾向は基準化の条件のある評価手法において特に著しく、変動がない場合(図-1, $\sigma=0$)に比べると、最優位確率は大きく異なっている。なお、詳しくは講演時に発表する。

参考文献 1) 飯田恭敏・他、多規準分析手法のシミュレーションによる最適代替案比較都市計画別冊、第15号、pp361~366、1980年。2) 戸田常一、交通施設計画の総合評価手法とその応用に関する研究・4章、昭和55年。3) 浅井喜代治、CV, Negoita 共編; あいまいシステム入門、オーム社、昭和53年。4) R. L. Keeney 著、高橋、高橋、中野沢; 多目標問題解決の理論と実例、構造計画研究所刊

表-2 インパクト・マトリックス

評価項目	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4	代替案5
C1	0.94	0.81	0.38	0.94	0.64
C2	0.31	0.64	0.15	0.64	1.00
C3	0.71	0.79	0.61	0.36	0.61
C4	0.89	0.78	0.25	0.25	0.25
平均値	0.71	0.79	0.35	0.55	0.53

表-3 評価手法ごとの最優位確率

	加法型	乗法型	Fuzzy A	Fuzzy B	Concordance
代替案1	34.4	42.3	39.8	15.1	35.5
代替案2	46.5	29.8	23.8	64.4	60.7
代替案3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
代替案4	0.9	1.3	11.4	11.2	0.0
代替案5	18.2	26.6	20.0	9.3	3.8

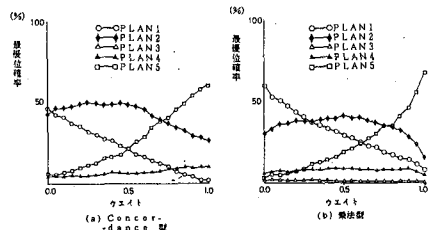


図-2 インパクト・マトリックスを変動させたシミュレーション ($\sigma=50\%$)