

評価項目の重みを評価値の標準 偏差とする代替案総合評価法

INTEGRATED EVALUATION METHOD FOR ALTERNATIVE PLANS USING
STANDARD DEVIATION OF VALUE AS WEIGHT IN EVALUATION ITEM

龍田 和 紀・ 藤 井 敬 宏**

By Kazuki TATSUTA and Takahiro FUJII

The problem in integrated evaluation of the alternative plans for projects is that various uncertainties which arise in the process of planning and implementation of the project need to be taken account of. In this study, quantitative uncertainties of weight and value, which it was thought possible to estimate through an evaluation model, were taken note of and an integrated evaluation method for alternative plans, which takes these factors into consideration and includes a new weighting method, was proposed.

The weighting method proposed in this study utilizes standard deviation of values between alternative plans. This is based on the idea that as the range of values of evaluation items between alternatives is increased, the weight given to the evaluation items become larger. Also, the uncertainty of values was taken into consideration as a random variable.

By comparing the past cases, validity of this method was discussed.

1. はじめに

土木施設計画が実施されると、その影響は事業主体や利用者のみでなく、自然、社会、経済および環境等広範囲に及ぶ。したがって、その代替案の作成と評価は、費用最小化のみの単一目的問題としてではなく、社会影響、環境影響などを考慮に入れた総合評価問題として取り扱う必要があり、一般的に次の手順で行われている。

- ① 計画対象を認識し、計画目的、評価者を設定する。
- ② 実行可能な代替案を作成する。
- ③ 計画目的より評価要因を列挙し、さらにその

属性、すなわち評価項目、評価指標を選択する。
また、評価尺度を設定する。

- ④ 各代替案の各評価項目に対するインパクトの予測、すなわち評価指標値の計測を行う。
- ⑤ 評価手法モデルに計測された指標値、あるいは貨幣値や効用値等に変換した評価値を入力し、各代替案の総合評価値を算出する。
- ⑥ 総合評価値の比較により、最適代替案を選択する。

この作業過程では、通常、項目の列挙もれ、評価値の計測誤差等による様々な不確実性が混入する。これは土木施設計画の目的である幸福、福祉といった定性的なものから、計測誤差を伴う定量的なものまで多種にわたる。

この不確実性の処理としては、一般的に、

- ① 弾力性をもった計画代替案を作る
- ② 総合評価に与える影響の大きい評価項目の列挙もれをなくす

* 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科博士前期課程

** 正会員 日本大学助手 理工学部交通土木工学科

〒274 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

キーワード 計画代替案選択、総合評価

③ 評価項目間の独立性が保たれることを確かめる

④ 評価指標値の計測精度を高める

⑤ 不確実性に対する感度分析を行う

等の方法がとられている。

本研究では、この中で総合評価値算出式として処理できると考えられる重みと評価値という定量的な不確実性に着目し、これを考慮した代替案評価手法を提案した。そして過去の事例との比較により、その有用性を検討した。

2. 従来の研究とその問題点

土木計画における総合評価に関する研究は、今日各方面で行われており¹⁾、すでに多くの手法が提案されているが、それらはすべて何らかの問題を抱えている。表1は、提案されている総合評価手法の特徴と問題点を整理したものである。

このように、これらの手法に関する問題の多くは、重みと評価値の不確実性にあり、その客観的な処理が必要とされている。

3. 標準偏差を用いた重みづけによる評価法

(1) 基本的な考え方

本手法では、計画主体によって実行可能な複数の代替案が用意され、これが複数の評価項目によって総合評価される場合の問題を扱う。一般に各代替案の評価値が等しい場合、その評価項目は評価の対象から除外される。これは評価値に代替案間の差がない以上、その評価項目を考慮する意味がないからである。このとき、除外された評価項目は評価者によってゼロの重みをかけられたと考えることができる。

本研究ではこの点に着目し、図1に示すように、「各代替案において取り得る評価値の幅が小さいほど、その評価項目にかけられる重みは小さいと仮定し、評価項目の重みは各代替案に対する評価値の標準偏差で与えられる」とした。ここで、評価値にはばらつきという不確実性が存在するが、これは重みおよび評価値を確率変数として扱うことで考慮した。なお、この確率変数がどのような分布をとるか、実際、意識調査等により検討する必要があるが、次の

表1 従来の研究と問題点

手法	特徴	問題点
費用便益分析 ¹⁾	・貨幣尺度を用い評価項目の重みを略している。	・費用、便益の正確な計測が困難である。 ・貨幣尺度で計測できない評価項目の取り扱いが困難である。
多属性効用関数法 ^{2),3)}	・貨幣尺度の代わりに効用理論を用いている。	・総合評価値を得る際、外生的に重みを与えるため不確実性が混入し、客観性に欠ける。 ・変換された評価値にばらつきがあり、不確実性が混入する。
重み関数法 ^{4),5)}	・評価値の大小に依存して重みに変化する。	・関数の取り方に主観が入る。
Factor Profile ¹⁾ Concordance Analysis ¹⁾	・評価指標値をそのまま用いるため、評価値に変換する際に生じる不確実性が生じない。	・重みを外生的に与えるため不確実性が混入し、客観性に欠ける。
LFW法 ⁶⁾	・ゲームの理論を用いることにより、重みを未知変数としている。	・評価値のばらつきは考慮されていない。
不確実性とファジィ性を考慮した評価法 ⁷⁾	・評価値を確率変数として扱い、不確実性を考慮している。	・重みは確定値として扱われている。
JMPR法 ⁸⁾	・代替案を公開することにより、重み、評価値の不確実性を解決する。	・代替案が公開されると地価の上昇などを招くため実際にはできないことが多い。

理由により正規分布に従うものとした。

- ① 一般に、計測誤差は大きなものより小さなものが多く現れ、正規分布で近似できる。
- ② 他の分布形態であっても、それらが掛け合えると正規分布の形態をとるため、不確実性が幾重にも乗じられる本手法では、正規分布として扱っても差し支えないと考えられる。

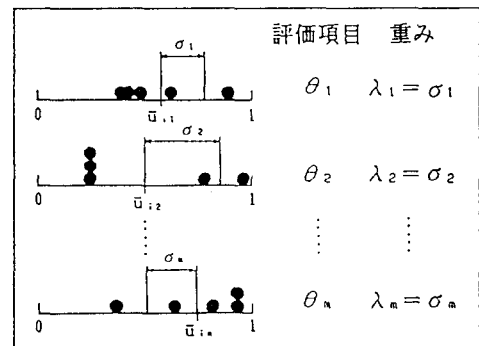


図1 本手法における重みの概念図

(2) 定式化の前提

重みと評価値の不確実性を確率変数で考慮するため、不確実性とファジィ性を考慮した評価法⁷⁾に基づいて定式化する。定式化にあたり、次に示す7つの前提を設けた。

- ① 本手法で取り扱う不確実性は、重みおよび評価値の計測誤差によるもののみであり、その他の不確実性は存在しない。
- ② 重みおよび評価値の不確実性は、それらを確率変数として取り扱うことで考慮する。
- ③ 各評価項目の重みは、各代替案間の評価値の標準偏差とする。
- ④ 各代替案の各評価項目に対する評価値は、評価指標値と評価関数により算出する。
- ⑤ 各代替案の総合評価値は、各評価項目の重みと評価値の確率的期待値より算出する。
- ⑥ 評価者は、総合評価値が最大となる代替案を最適代替案として選択する。
- ⑦ 評価者は1人もしくは1つのグループと考え、複数の評価者の存在は考慮しない。したがって、この評価手法では、複数の評価者相互の利害対立および調整、補償の問題について言及しない。

(3) 定式化

定式化に使用する記号を次のように定義する。

θ_j : 評価項目 $j = 1, 2, \dots, m$

a_i : 代替案 $i = 1, 2, \dots, n$

A : 代替案集合 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

x_{ij} : 代替案 a_i が評価項目 θ_j に対してもつ評価指標値

x_j : 評価項目 θ_j の評価関数

u_{ij} : 評価関数 x_j により変換される評価指標

値 x_{ij} の評価値

ϕ_{ij} : 評価値 u_{ij} の確率密度関数

λ_j : 評価項目 θ_j の重み

ψ_j : 重み λ_j の確率密度関数

V_i : 代替案 a_i の総合評価値

その確率的期待値を $P(u_{ij})$ とし、前提②に従い、式(2)で定義する。

$$P(u_{ij}) = \int u_{ij} \cdot \phi_{ij}(u_{ij}) du_{ij} \quad \dots (2)$$

評価項目 θ_j の重み λ_j の期待値を $P(\lambda_j)$ とすると、同様に式(3)で定義される。

$$P(\lambda_j) = \int \lambda_j \cdot \psi_j(\lambda_j) d\lambda_j \quad \dots (3)$$

したがって、重みづき評価値 V_{ij} は、式(4)で表せる。

$$V_{ij} = \int \int u_{ij} \cdot \phi_{ij}(u_{ij}) \cdot \lambda_j \cdot \psi_j(\lambda_j) du_{ij} d\lambda_j \quad \dots (4)$$

さらに、評価項目間に選好独立、効用独立が成立する場合、代替案 a_i の総合評価値 V_i は、式(5)で表せる。

$$V_i = \int \dots \int u_{i1} \cdot u_{i2} \dots u_{im} \cdot \phi_{(m)}(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \lambda_m \cdot \psi_{(m)}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) \cdot d\lambda_1 \cdot d\lambda_2 \dots d\lambda_m \cdot du_{i1} \cdot du_{i2} \dots du_{im} \quad \dots (5)$$

ここで、

$$\left. \begin{aligned} \phi_{(m)}(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}) &= \prod_{j=1}^m \phi_{ij}(u_{ij}) \\ \psi_{(m)}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) &= \prod_{j=1}^m \psi_j(\lambda_j) \end{aligned} \right\} \quad \dots (6)$$

より、

$$\begin{aligned} V_i &= \prod_{j=1}^m \left\{ \int \int u_{ij} \cdot \phi_{ij}(u_{ij}) \cdot \lambda_j \cdot \psi_j(\lambda_j) \cdot d\lambda_j du_{ij} \right\} \\ &= \prod_{j=1}^m \{ P(\lambda_j) \cdot P(u_{ij}) \} \end{aligned} \quad \dots (7)$$

まず、評価指標値 x_{ij} の評価値 u_{ij} は、評価関数 x_j により変換される。

$$u_{ij} = x_j(x_{ij}) \quad \dots (1)$$

評価者は前提⑥に基づき、最適代替案を選択する。したがって、原則として

$$\max V_i \quad \dots (8)$$

となる代替案を選択する。

4. 適用と考察

3. で定式化した総合評価法を事例に適用し、考察を行う。本手法は評価値の影響が大きいと考えられるため、評価値の異なる事例を2題用意した。なお、評価は標準偏差を重みとした場合の有用性を検討するため、重みの与え方を変更し、次の3つの方法で行った。

I. 重みを評価値の標準偏差とする。

過去の事例と比較し、評価値の標準偏差を重みとした場合の有用性を検討する。

II. Keeneyの重みを用いる。

過去の事例と比較し、重みと評価値を確率変数とした場合の有用性を検討する。

III. 標準偏差とKeeneyの重みの相乗値を用いる。

評価者の選好度合を示すKeeneyの重みと評価値の取り得る幅を示す標準偏差による重みを同時に考慮し、どちらの影響が大きい把握する。

また、重みと評価値の確率変数は前述の正規分布に従うという仮定のもとに、その標準偏差を0.005とした。

(1) 水資源開発計画問題

この例題は、文献3)、6)、7)から引用している。Danube川の支川 Tisza川は、約130,000Km²の流域面積を有し、そのうち約30,000Km²はハンガリーに属する。このTisza川流域の水資源開発が計画され、次に示す5つの代替案が与えられた。

- ① 多目的運河貯水システム
- ② 揚水利用システム
- ③ 平地貯水システム
- ④ 山地貯水システム
- ⑤ 地下水貯水システム

これらの代替案の基本目的は、55年間水資源の自然供給を行うための水量と水質を確保することである。そこで、ハンガリーの計画者は、次の目標を設定した。

- ① 需要量に見合う水量・水質の確保
- ② 洪水に対する安全の保証
- ③ 下水設備の充実と水の効果的利用・再利用
- ④ 資源利用の最小化

表2 水資源計画における評価値マトリックス

Attribute	Measure	Alternative				
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
cost	θ_1	10froints/year	99.6	85.7	101.1	95.1
			0.489	0.894	0.435	0.637
water shortage	θ_2	percent	4	19	50	50
			0.960	0.783	0.251	0.251
water quality	θ_3	subjective	80	60	20	80
			0.936	0.815	0.379	0.936
energy	θ_4	energy produced	0.70	0.50	0.01	0.10
		energy used	0.610	0.399	0.006	0.067
recreation	θ_5	subjective	80	60	40	20
			0.672	0.445	0.263	0.117
flood protection	θ_6	recurrence interval	100	200	67	200
			0.307	0.638	0.150	0.638
land and forest use	θ_7	1 000 ha	90	80	80	60
			0.200	0.400	0.400	0.800
social impact	θ_8	subjective	80	80	60	40
			0.914	0.914	0.791	0.615
environment	θ_9	subjective	80	60	20	60
			0.860	0.695	0.270	0.695
international cooperation	θ_{10}	subjective	80	60	40	20
			0.914	0.791	0.615	0.362
development possibility	θ_{11}	subjective	80	60	40	20
			0.914	0.791	0.615	0.362
flexibility	θ_{12}	subjective	80	80	20	40
			0.800	0.800	0.200	0.400

上段：評価指標値/下段：効用値

⑤ 環境影響の最小化

⑥ 不確実性に対する弾力性

以上の計画目的から表2に示す12の属性と評価指標が選ばれ、さらに各代替案に予測される評価指標値と効用値が得られた。ただし、効用値は最良の場合には1、最悪の場合には0の値をとる効用関数により変換されたものであり、計画主体はこれをくじの原理に従って事前に作成している。

次に、表2に示す5つの代替案について、先に示した3つの手法による総合評価を行った。それぞれの重みは表3に示すとおりである。

評価結果を表4に示す。本手法と他手法との比較のためにKeeneyの手法³⁾、不確実性とファジィ性を考慮した評価法⁷⁾およびLFW法⁶⁾による算出結果を併記した。ただし、不確実性とファジィ性を考慮した評価法は、確率変数の大きさなど諸条件を本手法と等しくさせたため、各代替案の総合評価値は過去に発表されたものと若干異なる。以下、これらについて考察を行う。

a) 手法 I

本手法による代替案の優先順位は、従来の評価法による場合とほぼ一致した。また、本手法の基礎である不確実性とファジィ性を考慮した評価法と共に、代替案間の総合評価値の差が明確になっている。総合評価値の差は重みと評価値の組み合わせによって生じ、重みが比較的大きい評価項目において評価値の差が大きいほどつきやすくなる。したがって、代替案間の評価値の標準偏差をそのまま重みに用いている本手法ではその傾向が強く、標準偏差が大きい評価項目 θ_2 、 θ_{12} では代替案 $a_3 \sim a_5$ の評価値が小さいので、他の2つの代替案に比べて総合評価値が小さくなるのは当然であると考えられる。これはLFW法という「最悪重みづけ」に相当する。それゆえ、この手法は評価値のみに左右されるといえ、評価者の選好の意志は反映されない。しかし、逆にいえば、主観が入る重み関数の設定などを避けられ、より客観的な評価を行い得る手法であることが明らかとなった。

b) 手法 II

Keeneyは、重み、評価値の両方を確定値として取り扱い、代替案の総合評価値を次のような乗法型の多属性効用関数で計算している。

$$U(a_i) = \left\{ \prod_{j=1}^n [1 + k \lambda_j u_{ij}] - 1 \right\} / k \quad \dots (9)$$

ただし、 k は定数で、 $k = -0.75$ としている。これによると最適代替案は a_1 であるが、 a_2 との差はわずかで誤差の範囲内といえ、どちらが選ばれてもよく、結局優先順位は一致する。また、不確実性とファジィ性を考慮した評価法は重みを確定値としているので、確率変数とした場合と確定値のままの場合の差が比較できる。結果はほとんど変わらなく、確率変数とした重みの影響はあまり大きくないことがわかる。これは評価値でも同じであると考えられ、計測誤差という微小範囲の不確実性では、代替案の優先順位はあまり影響を受けないといえる。表5は確率変数の大きさにより、総合評価値がどのように変化するかをみたものである。確率変数の変化による優先順位の影響はみられず、ここからも同じことがいえる。

c) 手法 III

表3 評価項目の重み

Attribute	Weight			Attribute	Weight		
	I	II	III		I	II	III
θ_1	0.200	0.150	0.030	θ_7	0.228	0.090	0.021
θ_2	0.346	0.243	0.084	θ_8	0.150	0.165	0.025
θ_3	0.236	0.189	0.045	θ_9	0.226	0.132	0.030
θ_4	0.273	0.090	0.025	θ_{10}	0.209	0.189	0.040
θ_5	0.237	0.132	0.031	θ_{11}	0.209	0.034	0.007
θ_6	0.330	0.200	0.066	θ_{12}	0.303	0.034	0.010

表4 各代替案の総合評価値

method		Alternative				
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
Proposed method	I	206.974	293.874	0.002	0.480	0.023
	II	409.305	574.013	0.004	0.943	0.044
	III	149.012	210.388	0.002	0.343	0.017
*		407.767	576.106	0.004	0.941	0.045
LFW法**		0.386	0.614	0.000	0.000	0.000
Keeney		0.832	0.831	0.503	0.648	0.521

(I $\times 10^{-12}$, II $\times 10^{-10}$, III $\times 10^{-23}$)

* 不確実性とファジィ性を考慮した評価法 ($\times 10^{-16}$)

** LFW法は、代替案の混合戦略の割合をさす。なお、この場合の総合評価値は $V=0.681$ である。

表5 確率変数の大きさによる総合評価値の変化

standard deviation ($\sigma=0.005$)	Alternative				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
$\sigma/4$	408.250	577.784	0.004	0.942	0.045
$\sigma/2$	408.206	578.072	0.004	0.941	0.045
σ	409.305	574.013	0.004	0.943	0.044
2σ	403.623	571.298	0.004	0.931	0.044

($\times 10^{-10}$)

代替案の優先順位は変わらない。ただし、総合評価値はIに近くなり、標準偏差による重みの影響は意外に大きいといえる。

(2) K港における湾岸道路計画

この例題は、文献6)、9)から引用している。

K港の湾岸道路計画は、総延長約10Kmの区間を有するもので、その中間において4つの主要航路を横断する。この横断形式には橋梁と沈埋トンネルの両方が考えられており、その組合せにより12の代替案が用意された。また、直接・間接の両効果を6種類の立場(事業主体[道路管理者]・運行者・沿道住民・自動車利用者・港湾管理者および地域住民)に分類し、最終的に29の評価項目が選ばれた。さらに効用値は1～5の整数値(1=最悪、5=最良)が評価者の代表および専門家によって与えられた。こ

表6 K港湾岸道路計画における評価値マトリックス

Interest Group	Attribute		Alternative											
			a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
Managing Agency of Highway (Offerer of Highway Planning Alternative)	construction cost	θ_1	5	4	3	4	4	3	5	4	4	4	4	2
	uncertainty in design	θ_2	4	2	2	2	4	2	3	4	3	3	4	2
	uncertainty in execution	θ_3	5	2	2	2	4	2	3	4	3	3	5	2
	completion time	θ_4	5	3	2	3	4	4	5	4	5	4	3	2
	maintenance/management cost	θ_5	4	2	2	1	3	2	3	2	4	2	3	2
	geomorphology/geology	θ_6	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3
	natural disaster relief	θ_7	3	2	2	1	2	1	2	2	3	2	2	1
Navigator	direct obstacle to navigation	θ_8	1	3	1	3	3	3	3	3	1	3	1	3
	indirect obstacle to navigation	θ_9	1	3	1	5	3	3	3	3	1	3	1	5
	obstacle to electricwave/marine signal	θ_{10}	1	1	3	5	1	4	3	4	2	3	3	5
	stress	θ_{11}	1	2	1	5	2	4	3	4	1	3	1	5
	visibility	θ_{12}	1	2	2	4	2	4	4	4	2	4	2	4
	sea phenomena	θ_{13}	3	3	2	2	3	2	3	4	4	4	4	4
Roadside Inhabitant	air pollution	θ_{14}	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
User	fire/explosion	θ_{15}	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2
	convenient crossing/ramp	θ_{16}	1	2	2	4	2	3	5	3	5	3	2	3
	radius of curve	θ_{17}	3	3	2	2	3	2	3	4	3	3	4	4
	truck carrying dangerous article	θ_{18}	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2
	comfortable crossing/ramp	θ_{19}	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3
	typhoon/high tide/wave	θ_{20}	4	3	2	2	3	2	3	2	4	3	2	2
	ship clash	θ_{21}	1	3	1	4	3	3	3	3	1	3	1	4
Managing Agency of Port and Harbor	direct alteration of course plan	θ_{22}	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
	indirect alteration of course plan	θ_{23}	4	4	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3
	indirect obstacle to function in port and harbor	θ_{24}	2	3	2	3	2	3	3	3	2	4	2	4
	land use	θ_{25}	2	2	1	1	4	1	4	4	2	3	2	3
	consistency with port and harbor planing	θ_{26}	1	5	1	5	3	3	3	3	1	5	1	3
Regional Inhabitant	impact to industrial zone	θ_{27}	3	3	1	1	3	1	4	2	4	4	2	2
	consistency with developing region	θ_{28}	1	2	2	3	2	3	4	4	2	4	2	4
	accessibility city and town	θ_{29}	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	4

うして作成された評価値マトリックスを表6に示す。

この表6に基づいて標準偏差を用いた重みづけによる総合評価を行ったところ、表7、8に示す結果が得られた。(1)と同様にLFW法⁶⁾による結果も併せて記す。

提案した評価法では、代替案は a_7 、 a_8 、 a_{10} の順に選好される。評価項目の重みは θ_9 、 θ_{10} 、 θ_{11} 、 θ_{26} が大きく、ここで最小の評価値をとる代替案 a_1 、 a_3 、 a_9 、 a_{11} の総合評価値はすべての代替案の中で低い群に属しており、(1)と同様の結果を得ている。

また優先順位の比較であるが、LFW法では代替案 a_7 、 a_8 の混合方略が選ばれていて、この方略の総合評価値は3.26となっている。提案した手法と異なるが、これは(1)で取り扱った効用値に比較して、ここでは5段階評価という荒い評価のために不確実性が大きくなり、評価精度の低下を招いたことがひとつの原因として考えられる。ただし、劣解代替案は一致しているため、それらを削除することができ、その点では本手法は一つの目安となる。

表7 標準偏差による評価項目の重み

Attribute	Weight	Attribute	Weight	Attribute	Weight
θ_1	0.900	θ_{11}	1.557	θ_{21}	1.168
θ_2	0.900	θ_{12}	1.165	θ_{22}	0.492
θ_3	1.165	θ_{13}	0.866	θ_{23}	0.669
θ_4	1.073	θ_{14}	0.389	θ_{24}	0.754
θ_5	0.905	θ_{15}	0.452	θ_{25}	1.165
θ_6	0.492	θ_{16}	1.240	θ_{26}	1.586
θ_7	0.669	θ_{17}	0.739	θ_{27}	1.168
θ_8	0.985	θ_{18}	0.452	θ_{28}	1.055
θ_9	1.435	θ_{19}	0.522	θ_{29}	0.522
θ_{10}	1.443	θ_{20}	0.778	—	—

表8 各代替案の総合評価値

method				method			
		Proposed	LFW*			Proposed	LFW*
Alternative	a ₁	0.003	0.000	Alternative	a ₇	104.098	0.341
	a ₂	0.057	0.000		a ₈	20.788	0.659
	a ₃	0.000	0.000		a ₉	0.038	0.000
	a ₄	0.235	0.000		a ₁₀	14.827	0.000
	a ₅	0.219	0.000		a ₁₁	0.002	0.000
	a ₆	0.037	0.000		a ₁₂	1.355	0.000

(Proposed method $\times 10^5$)

* LFW法の総合評価値 $V=3.26$

(3) まとめ

以上の結果をまとめて、表9に示す。

表9 適用結果のまとめ

事例	方法	総合評価値		評価手法の特性	
		優先順位	代替案の差	重み	その他
1	I	・同一	・極めて明確	・算出が簡単 ・主観が入らない	・総合評価値に与える評価値の影響大
	II	・同一	・極めて明確	・算出が困難	・微小範囲の不確実性が与える影響小
	III	・同一	・極めて明確	・算出が困難	・総合評価値は1の場合に近くなる
2	I	・1位と2位が逆転した	・極めて明確	・事例1-Iに同じ	——

6. 結論

計画主体が提示する代替案は評価者により評価される。この評価は重みづき評価項目の評価値の総和で行われるが、ここには不確実性問題が生じる。また、評価項目は各代替案について評価値の差がない場合、評価の対象から外される。そこで本研究では、評価項目の重要度、つまり重みは代替案間の評価値の差の大きさに比例するとし、評価値により求められるとした。また、評価値の不確実性は確率変数で考慮することとし、定式化を行った。

そして事例の適用により、次の結論を得た。

- ① 重みを評価値の標準偏差とする場合、評価値のみから算出するため、簡単な方法であり、従来の意識調査等の主観による不確実性を避けることができる。またそれによる総合評価は代替案の差が明確になり、劣解代替案を削除する有力な情報を与える。
- ② 感度分析等の結果からみて、計測誤差という微小範囲の不確実性が代替案の優先順位に与える影響はあまり大きくない。

しかし、本手法には残された課題も多く、以下、改めてその課題を列挙する。

(方法論に関する課題)

- ① 不確実性は、重みと評価値に限らずあらゆるものに混入する。
- ② 確率変数は正規分布に従うとしたが、実際どのような分布をするか、意識調査等を行って検討する必要がある。
- ③ 微小範囲の不確実性を取り扱ったが、その範

囲を広げた場合、つまり確率変数の標準偏差を大きくした場合、総合評価値はどのように変化するのか検討する必要がある。

(適用に関する課題)

- ① 評価値の標準偏差を重みとしているので、個々の評価者の意志は反映されない。
- ② 評価者は実際複数存在し、現実問題として利害対立・調整・補償を避けることができない。
- ③ ここで選択された代替案は、他の手法による最適代替案と必ずしも一致するとは限らない。いくつかの手法を併用して、比較・考察することが望まれる。

本研究を進めるにあたり、日本大学理工学部交通土木工学科長尾義三教授に御指導いただいた。感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 建設省近畿地方建設局：総合評価に関する文献・資料、1978年
- 2) R.L. Keeney: A Utility Function for Examining Policy Affecting Salmon in the Skeena River, 1976
- 3) R.L. Keeney and E.F. Wood: An Illustive Example of the Use of Multiattribute Utility Theory for Water Resources Planing, Water Resources Research Vol 13 No. 4, 1977
- 4) 西村昂・日野泰雄：複数目標を考慮した場合の代替案の評価について、土木学会関西支部年次学術講演会概要集、1978年
- 5) M. Zeleny: The Attribute Dynamic Attitude Model, Managment Science Vol 23 No. 1, 1976
- 6) 長尾義三・浅岡頭・若井郁次郎：評価項目の重み未知の場合の代替案総合評価法、土木学会論文報告集第 313号、1981年
- 7) 黒田勝彦・曾根浩：不確実性とファジィ性を考慮した代替案評価法、土木学会第41回年次学術講演会概要集、1986年
- 8) 長尾義三・黒田勝彦・若井郁次郎：対立するグループが存在する公共プロジェクトの代替案選定法、土木学会論文報告集第 338号、1983年
- 9) 土木学会編：土木計画における総合化、土木計画シリーズ V P169、1984年