

# 多属性評価による意思決定の方法

百合本 茂

## 1. はじめに

企業や個人が、いくつかの代替案の中から何らかの意味で最適な案をみつけないければならないような意思決定の場面は数多く存在する。この場合、代替案は様々な観点から評価され、意思決定者にとって最も望ましいと思われる案が選択されることになる。その際に行うべき作業として共通する意思決定のための評価プロセスをまとめると以下のようになろう。

### ① 意思決定状況の明確化

意思決定者の確認、意思決定の明確化・目的設定

### ② 目的を達成するための代替案の列挙

### ③ 代替案を評価するための基準や評価要因（項目）の検討・選択

### ④ 評価基準、評価項目ごとの代替案の評価

### ⑤ 評価基準に対する重要度の付与

### ⑥ 代替案の総合評価と最適案の探索

### ⑦ 感度分析

たとえば、近年、日本企業の中国への投資が進み、生産拠点を移すケースが増えている。このような際には、生産拠点にふさわしい地域をあらゆる観点から探り、進出地域を決定することになる。この場合、意思決定者は進出を考えている企業、目的は生産拠点として最適な地域の選択である（①）。また、代替案は生産拠点の候補となるべき地域であり（②）、それらの地域を評価する基準は、たとえば労働力人口、賃金水準、下請け企業の存在というような立地選択要因である（③）。これらの複数の基準（要因、属性）それぞれについて各地域を評価し（④）、評価基準に対して重要度を付与する（⑤）。これらをもとに、もっともふさわしいと思われる地域、何らかの意味で最適となる地域が最終的に選択されよう（⑥）。また、必要に応じ、各評価基準の重要度を変化させた場合の代替案の選択に及ぼす影響などを調べる（⑦）。

このように複数の基準に基づいて代替案を評価し、意思決定を行なう問題は多基準意思決定問題 (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) と呼ばれる [1]。多基準意思決定問題は、通常、次の二つに分類できる。

代替案のもつ複数の属性に注目し、それらの属性を評価して代替案を選択しようとする場合は多属性評価、あるいは多属性意思決定問題 (Multiple Attribute Decision Making, MADM)、また、複数の基準を多目的という観点で捉え、複数の目的関数を持つ場合が多目的意思決定問題 (Multiple Objective Decision Making, MODM) である。

多属性意思決定問題では、意思決定者によって属性間で重要視する程度に差があり、どの属性にどの程度のウェイトを付与すべきかといった属性に対するウェイト付けの問題 (上述の評価プロセスの⑤)、そして、多属性をどのように統合し、総合評価を行うかといった複数の属性の総合化の問題 (評価プロセス⑥) などに議論の余地が多く残され、問題を複雑化している。

いくつかの属性や要因にウェイトを付与する方法としては、アンケートによる方法、階層化意思決定法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) による方法などがあり、特に後者は、要因間の重要性の相違を一对比較という形で表現し、これをもとに主観的な意思決定を客観的、定量的に捉える方法で、近年多くの場面で用いられてきた。経験や勘という意思決定のもつ本来的な性質をどのように客観的に定量化するかの問題に対して、AHPは一つの解答を見出したといえる [2]。また、総合評価の方法についても、単純な加重評価にはじまり、評価項目間に相互依存関係の存在する場合の処理など、多くの方法が開発されている。

本稿では、このような多属性意思決定における問題点を探り、従来用いられてきた方法の中から、現実の問題に容易に適用でき、かつあまり紹介されてこなかった方法について概説し、さらに新たな方法を検討することを目的とする。また、それらの方法を用いた数値例を示す。

第2節では、属性に対する重要性を示す選好ウェイトの求め方について、従来用いられてきた方法とここで提案する方法を示す。第3節では、いくつかの属性や要因を統合して総合評価を行う方法について提示する。また第4節で、2, 3節で示した方法を、数値例を用いて比較し、結果を考察する。

## 2. 多属性評価と選好ウェイトの求め方

ここではまず、いくつかの代替案を評価するために考慮すべき複数の属性が、意思決定者にとってどの程度重要かを表すウェイトを付与する方法を示す。

意思決定者は、代替案を評価するに当たり、代替案の持つ属性から得られる情報をもとに意思決定を行なうことになる。この属性に対する重要性の置き方は意思決定の目的や意思決定者の性格、考え方などによって異なり、主観的なものである。

しかし、意思決定者が重要な属性であると判断しても、代替案によってその属性に大きな差がなければ、その属性は代替案の選択に際し決定的要因にはならない。たとえば、立地地域選択の際に“労働力が豊富に得られる”ことを重要と考えても、もしすべての候補地が労働力豊富であるならば、その属性は意思決定者の判断に対して多くの情報をもたらすものとは考えられず、立地選択要因とはなりえない。そうすると、ある属性や要因に対する重要性を表すウェイトの大きさは、意思決定者の主観的な考え方が直接反映すると同時に、それぞれの属性について、代替案による較差のようなものも影響してくることが考えられる。

すなわち、評価基準（属性）に対する選好ウェイトの評価には、意思決定者の個人的選好度合をあらわす主観的評価と、地域別要因別データのような属性データそれ自体の持つ特性、バラツキ、差異などを反映すべき客観的評価があり、双方を考慮に入れる必要があるといえる [3], [4]。前者は、意思決定の目的や意思決定者の考え方などを反映したきわめて主観的なものである。また後者については、代替案のもつ属性によりもたらされる固有の情報に関係しており、代替案の集合が変わればそれに応じて変化するものといえる。

したがって、従来、意思決定の場面では、たとえばAHPで用いられるような主観的なウェイトを用いたものが一般的であったが、本来はそれとともに客観的なウェイトも考慮に入れる必要がある。ここでは、従来用いられてきた代表的な主観的評価の方法、客観的評価の方法について述べ、さらにそれらを総合した方法を提示する。

## 2-1 アンケートによる方法

最も簡便な主観的評価の方法で、各属性について意思決定者にアンケート調査などにより点数付けをしてもらい、それを正規化するなどしてウェイト化するものである。意思決定者の生の声が反映できるが、恣意的になる場合もある。

## 2-2 AHP (Analytic Hierarchy Process)

AHPは意思決定者の選好ウェイトを求めるのみならず、それらの値を用いて代替案の総合評価を行う方法でもある。

意思決定の構造を階層化して捉え、意思決定者が、代替案の評価基準となる属性間の一対比較を行うことにより、どちらの属性がどのくらい重要かという値を付与し、その

値により構成される一対比較行列から、固有値などを用いて属性のウェイトを求めるものである [5]。AHPでは、このウェイトと、それぞれの属性に関する代替案の一対比較を行って得られるウェイトを用いて、それらの積和を求めることにより、最終的にもっともウェイトの大きな代替案を見出す。意思決定者の主観的思考方を反映させ、それを客観的なデータとして捉える優れた方法といえる。

AHPの適用範囲は広く、様々な場面で用いられてきた。ただ、代替案の数が多いと一対比較の数が膨大になり、煩雑化し信頼性の点で問題が生じることがある。そのような場合には、代替案ごとに一対比較を行うことなく、代替案の持つ属性を、「とても良い」「良い」「悪い」、「大きい」「普通」「小さい」などというファジーな表現で評価するなど何らかの形で指標化し、代替案ごとの絶対的な評価結果を用いて総合評価を行う方法が考えられている。すべての評価を一対比較で行う相対評価法に対し、これはAHPの絶対評価法と呼ばれ、多くの代替案の中から選択しなければならない場合に有用な方法といえる。

AHPで求められるウェイトは意思決定者の考え方を反映した主観的評価であるが、既述したように、意思決定者が重要と考えていても代替案によってその評価基準（属性）に差が無ければ、意思決定者に対して大きな情報をもたらさないこともありうる。

### 2-3 エントロピー法

属性の持つデータの解離性を反映させた客観的評価の方法である。意思決定者の主観は入らず、それとは独立に、以下のようなエントロピー指標を用いて、データの解離性あるいは離散性を捉えようとするものである [3], [6]。

いま、代替案  $i$  の属性  $j$  の示す値を  $d_{ij}$  とする。これをすべての属性について正規化し、次の行列を得る。 $d_{ij}$  を Decision Matrix,  $p_{ij}$  を正規化 Decision Matrix と呼ぶ。

$$p_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_i d_{ij}} \quad (i = 1 \sim m, j = 1 \sim n) \quad (1)$$

これを利用し、次式で示すエントロピー指標を作成する。

$$E_j = -1 / \ln(m) \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2)$$

ある属性  $j$  に対するエントロピー値  $E_j$  が大きいほど、その属性に関して代替案による差が小さい、あるいはデータが似かよっていることを示している。すなわち、エントロピー値が大きいと、データは一様化され、代替案を選択する際の情報が少ないと考えられる。反対に、エントロピー値が小さくなればなるほど、データ間に較差があることになり、意思決定者に多くの情報をもたらすことになる。

属性  $j$  の代替案の値  $p_{ij}$  がすべて等しい場合、明らかに  $E_j$  は 1 (エントロピー最大) となり、反対に、この一つの代替案の値が 1 に、他のすべての代替案の値が 0 に近づいてくると、 $E_j$  は 0 (エントロピー最小) に近づく。

なお、(2) 式の  $(1 / \ln(m))$  は、 $0 \leq E_j \leq 1$  を保証するためのものである。各々の属性に含まれるデータの解離性の程度、あるいは意思決定に寄与する情報量は、エントロピー値を 1 より引くことにより以下の式で表される。これを多様化ファクター (diversification factor) ともいう [1]。

$$f_j = 1 - E_j \quad (3)$$

$f_j$  が大きいほどデータ間に差が大きく、選択結果に影響を及ぼす度合いが高くなる (その属性のウェイトが大きくなる)。

$f_j$  が属性  $j$  に固有のデータの解離性あるいは対比の強さを表す尺度と考えられるなら、属性  $j$  の客観的評価結果としてのウェイト (以下、これを客観ウェイト  $ow_j$  と呼ぶ) は、以下の式で表すことができる。

$$ow_j = f_j / \sum_{j=1}^n f_j = (1 - E_j) / \sum_{j=1}^n (1 - E_j) \quad (4)$$

この指標は (1) 式で示される Decision Matrix に基づき計算により得られるので、意思決定者とは独立であり、属性データに対する客観的な評価手続きといえる。もし、意思決定者が各要因に対し特に選好する理由を考えなければ、ウェイトは以上のような [6]。

このようにエントロピー指標は、代替案の示すデータをもとに、おのこの評価基準 (属性) の重要性についての情報量の大きさを表すものとして、ウェイト算出に使用することができる。

#### 2-4 エントロピー法に主観的評価を取入れたウェイト評価法

AHP 法は、意思決定者の考え方や主観を反映させた方法であるが、既述したように、意思決定者が重要と考える属性でも代替案によってほとんど差がなければ、それは決定的な要因となることはない。そのような属性に大きなウェイトが付与されることは問題があろう。

一方、エントロピー法では、属性を表すデータの特性や解離性によりウェイトを付与するものであった。代替案の間でより大きな較差のある属性が、選択に際して意思決定者に重要な情報を提供するという考え方から、そのウェイトを大きくするものである。

それぞれ、意思決定者の主観的評価、属性データの客観的評価を反映させてはいるが、

実際の意味決定の際には、これら双方を考慮する必要がある。そこでここでは、両者を合成する方法について示す。

Decision Matrixを構成する  $d_{ij}$  は、代替案  $i$  の属性  $j$  を表すデータであるが、この原データを、属性ごとにAHPで求められたウェイトを考慮に入れて修正することを考える。すなわち、属性データを次のように加工・修正する。

$$d_{ij}^* = d_{ij} \wedge w_j^* \quad (5)$$

ただし、

$$w_j^* = sw_j \cdot n \quad (6)$$

である。ここで、 $sw_j$  はAHPによって得られた主観的なウェイトであり ( $\sum_{j=1}^n sw_j = 1$ )、 $w_j^*$  は、それに属性の数  $n$  を乗じたものである。

(6) 式のように、主観ウェイトに属性の数を乗じることにより、ウェイトが平均以上なら (6) 式の値は 1 より大きくなり、その結果、(5) 式により、原データの代替案による差を増幅させ、データの解離性を大きくする。またウェイトが平均以下なら、原データの差は縮小される。すべての属性が主観的にみて同じ重要性をもつとき、(6) 式の値は 1 となり、原データに修正がほどこされることはない。すなわち、属性に対する主観的なウェイトによって、原データを加工することを考える。これは、原データを主観によって重み付けしているといえる。

このようにして、(5) 式により求められる修正原データ  $d_{ij}^*$  を用いて、2-3の方法によりエントロピー計算を行ない、属性のウェイトを求めればよい。そこで得られるウェイトは、意思決定者の主観的評価、属性データの客観的評価双方が反映されているものと考えられる。

### 3. 総合評価の方法

いくつかの属性や要因を統合して総合評価を行う方法は、前節で述べたAHPも含め、多基準意思決定問題として様々なものが開発されているが、ここでは、わが国ではあまり紹介されておらず、かつ現実の問題に適用が容易な2,3の手法について示すことにする [7], [8], [9]。

#### 3-1 SAW (Simple Additive Weight)

もっとも単純明快な方法で、代替案の示す属性に関して、値が大きいほうがすぐれて

いる場合 (quality measure) にはその最小値を示す値との差を、費用のように値が小さい方が良い場合 (cost measure) にはその最大値を示す値との差を考え、その正規化した値と属性に対するウェイトとの積和を求め、その大きさにより評価するものである。

以下の式で示される正規化行列が使われる。ここで、 $d_{ij}$  は Decision matrix の要素、添え字の +, - はそれぞれの属性における最大値と最小値を指す (代替案  $i$ , 属性  $j$ )。

$$h_{ij} = \frac{(d_{ij} - d_j^-)}{(d_j^+ - d_j^-)} \quad (\text{quality measure}) \quad (7)$$

$$h_{ij} = \frac{(d_j^+ - d_{ij})}{(d_j^+ - d_j^-)} \quad (\text{cost measure}) \quad (8)$$

$h_{ij}$  は正規化行列の要素であるが、値が大きいほどすぐれている場合は (7) 式、費用のように値が小さいほどすぐれている場合には (8) 式が用いられる。この値と、各属性に対するウェイト  $w_j$  との積和を求めて総合評価値とし ((9) 式)、その最も大きな案が選ばれることになる。

$$A_i = \sum_j w_j h_{ij} \quad (9)$$

この正規化の方法を用いると最良値が 1、最悪値が 0 となり、データとしてはわかりやすいが、場合によっては差を無理に広げてしまうこともある。たとえば、次の例のような場合には問題が残る。

	原データ (quality measure)		正規化行列	
	属性 1	属性 2	属性 1	属性 2
案 1	10	7	1	0
			⇒	
案 2	2	8	0	1

この場合、属性に対するウェイトが同じとすると、案 1 も案 2 も同様の評価となる。各属性の評価値を単純に加算すると、案 1 は 17、案 2 は 10 で、評価値合計では案 1 がかなり大きくなるが、(7)、(8) 式のような正規化方式をとると同じになってしまう。

この例のように、すべての属性が 10 段階評価のような同じ尺度、あるいは似たような尺度の場合には、このような正規化は意味をおかしくしてしまうことになる。従って、この方式は属性を表す指標が異なった尺度をとる場合に用いるとよい。

元来、SAW は属性指標の加重和を求めるものであるから、正規化の方法を工夫することにより、別の方法もいくつか考えられよう。

### 3-2 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

ある属性について、もっともすぐれた代替案の値を最良解、もっとも劣った代替案の値を最悪解として、代替案ごとに最良解までの距離、最悪解までの距離を計算し、これをすべての属性について合計することにより、前者が小さくかつ後者が大きい値をもつ代替案を選ぶというものである [10], [11]。

以下にその手順を示す。

① Decision Matrixの作成

代替案  $i$ , 属性  $j$  によるデータ行列  $d_{ij}$  を作る。

② 基準 (属性, 要因) へのウェイト  $w_j$  の付与 (2節で示した方法などによる)

③ Decision Matrix にウェイトを付加し, ウェイト付き正規化行列の計算

$$v_{ij} = \frac{d_{ij} \cdot w_j}{\sqrt{\sum_i d_{ij}^2}} \quad (10)$$

④ TOPSIS手続きの実行

1) 属性別最良解 (fictitious best) と最悪解 (fictitious worst) の選択  $v_j^{**}, v_j^*$

$v_j^{**}$ : 属性  $j$  に関する最良解                       $v_j^*$ : 属性  $j$  に関する最悪解

2) 代替案ごとに最良解, 最悪解との距離の計算  $s_i^{**}, s_i^*$

(最良解までの距離)

$$s_i^{**} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^{**})^2} \quad (11)$$

(最悪解までの距離)

$$s_i^* = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (12)$$

3) 代替案ごとに相対的距離の計算  $C(s_i)$

$$C(s_i) = \frac{s_i^*}{s_i^{**} + s_i^*} \quad (13)$$

⑤ ランク付けと代替案の選択

(13) 式で得られた値をもとに各代替案をランク付けし, その最大の代替案が最適となる。

このようにTOPSISは, 3-1のSAWとは正規化の方式が異なるが, 最良, 最悪という目標点までの距離を考慮に入れる考え方は同様であり, 比較的簡単に最適案が得られる方法である。



### 3-3 妥協的計画法 (Compromise Programming, CP)

本来これは、多目的意思決定問題 (Multiple Objective Decision Making, MODM) において用いられてきた手法である。意思決定における目的関数ベクトルの値からなる理想点から、もっとも小さい距離に位置する点を妥協解とするものである [12], [13]。しかし、不連続問題においても、TOPSISと同様に、理想的な目標 (理想点) からもっとも小さい距離に位置する案を選択するという場合に適用することができる。

その手順は以下のとおりである。

① Decision Matrix ( $d_{ij}$ ) の作成

② 原データの正規化

各基準 (属性) について、その最良値を ( $d_j^{**}$ )、最悪値を ( $d_j^*$ ) とし、最良値までの距離を以下の式で正規化する。

$$v_{ij} = \frac{(d_j^{**} - d_{ij})}{(d_j^{**} - d_j^*)} \quad (14)$$

③ 理想点 (ideal point) からの距離  $L_i$  の計算

$$L_i = \left[ \sum_j (w_j \cdot v_{ij})^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (15)$$

④ ランク付けと代替案の選択 (距離最小の案を選択)

距離関数 (15) 式において、 $w_j$  は、評価基準 (属性)  $j$  の相対的重要性に関する意思決定者の選好ウェイト、 $p$  は、理想点からの最大偏差の重要性を反映させるためのパラメータである (理想点からの距離をどのくらい反映させるかを示す)。  $p$  の大きさにより以下のような解釈ができる。

$p = 1$  の場合は、すべての偏差が同じウェイト、 $p = 2$  の場合、各偏差はその大きさに比例し、 $p$  が大きくなるほど偏差の重要性が反映される。 $p = \infty$  の場合、基準  $j$  についての最大値が最小 (Min-Max基準) の案が選択されることになる (欠点の比較的少ない案で (16) 式により表現される)。

$$\text{Min } L_i = \text{Min}_i \left\{ \max_j (w_j v_{ij}) \right\} \quad (16)$$

## 4. 数値例

ここでは選好ウェイトとして、2.で述べたAHPなどによる主観的なウェイト、エントロピー法による客観的なウェイト、およびそれらを統合したウェイトの3つのウェ

イトを使用し、代替案の総合評価を行なった数値例を示す。

表1に数値例に用いた原データを示す（いずれも quality measureとする）。

表1. 原データ

代替案 (i)	属性 j= 1	属性 j= 2	属性 j= 3
A	4.3	100	5
B	1.5	20	6
C	4.9	70	8
D	13.1	40	7

これらのデータから、まずエントロピー法により客観ウェイトを求めてみる。各属性の原データを見ると、データのバラツキや較差は、明らかに属性1, 2, 3の順になっていることがわかる。それを反映してエントロピー法によるウェイトもその順になっており、属性1が最も大きい（表2）。

表2. エントロピー法による客観ウェイトの計算結果

	属性 j= 1	属性 j= 2	属性 j= 3
ウェイト	0.6081	0.3555	0.0364

今、AHPなどによって求められた主観的なウェイトが表3のようだったとすると、2.4に示した方法でこれらを統合したウェイトの計算結果は表4のようになる。

表3. AHP法による主観ウェイト（仮定）

	属性 j= 1	属性 j= 2	属性 j= 3
ウェイト	0.2	0.1	0.7

表4. 2.4節で提示した方法による統合ウェイトの計算結果

	属性 j= 1	属性 j= 2	属性 j= 3
ウェイト	0.5583	0.0895	0.3521

意思決定者が属性3を重要視して高いウェイト（0.7）を置いて、属性3は代替案による較差が小さく、客観ウェイトと統合した結果、その大きさは約半分（0.3521）になっていることがわかる。意思決定者が重要視した属性3より、代替案による較差の大きい属性1の方が意思決定に大きな役割を果たしていることがいえる。

さて、これらの3通りのウェイトを用いて、代替案の総合評価をしてみよう。

まず、3-1で述べたSAWでは、(7)式による正規化行列は表5のようになる。属性別にみると、値が大きい最良値が1、最悪値が0となっている。この数字と3通りのウェイトを使用して代替案の総合評価を行なった結果を表6（統合ウェイトを用いた場合）、表7（主観ウェイトを用いた場合）、表8（客観ウェイトを用いた場合）のSAW欄に示す。同じ表には、TOPSIS、CPによる結果も同様に示されている。

表5. SAW正規化行列 ((7)式による)

代替案 (i)	j=1	j=2	j=3
A	0.2414	1.0000	0.0000
B	0.0000	0.0000	0.3333
C	0.2931	0.6250	1.0000
D	1.0000	0.2500	0.6667

表6. 総合評価 (統合ウェイトによる)

代替案 (i)	SAW	TOPSIS	CP(p=1)	CP(p=2)	CP(p=∞)
A	0.2243	0.2584	0.7757	0.5508	0.4236
B	0.1174	0.0564	0.8826	0.6123	0.5583
C	0.5717	0.3330	0.4283	0.3961	0.3947
D	0.8155	0.9002	0.1845	0.1352	0.1174

表7. 総合評価 (主観ウェイトによる)

代替案 (i)	SAW	TOPSIS	CP(p=1)	CP(p=2)	CP(p=∞)
A	0.1483	0.2665	0.8517	0.7163	0.7000
B	0.2333	0.2098	0.7667	0.5175	0.4667
C	0.8211	0.5991	0.1789	0.1463	0.1414
D	0.6917	0.7306	0.3083	0.2451	0.2333

表8. 総合評価 (客観ウェイトによる)

代替案 (i)	SAW	TOPSIS	CP(p=1)	CP(p=2)	CP(p=∞)
A	0.5023	0.4048	0.4977	0.4627	0.4613
B	0.0121	0.0052	0.9879	0.7047	0.6081
C	0.4369	0.3601	0.5631	0.4500	0.4298
D	0.7212	0.7463	0.2788	0.2669	0.2666

SAWとTOPSISについては、値の大きい方がすぐれた案であることを示し、CPはその反対である。表の網掛け部分が最もすぐれた案の計算値を示している。

なお、表9にはTOPSISで使用した正規化行列 ((10)式による)、表10にはCPで使用

した正規化行列 ((14) 式による) を示す。CPで使用する正規化行列は理想点までの相対距離を表しているため、値が小さい方が良いことを示している。

表9. TOPSIS正規化行列 ((10)式による)

代替案 (i)	j = 1	j = 2	j = 3
A	0.1632	0.0689	0.1335
B	0.0569	0.0138	0.1602
C	0.1860	0.0482	0.2136
D	0.4973	0.0275	0.1869
Vjmax	0.4973	0.0689	0.2136
Vjmin	0.0569	0.0138	0.1335

表10. CP正規化行列 ((14)式による)

代替案 (i)	j = 1	j = 2	j = 3
A	0.7586	0.0000	1.0000
B	1.0000	1.0000	0.6667
C	0.7069	0.3750	0.0000
D	0.0000	0.7500	0.3333

また、表11には、CPで (15) 式および (16) 式の計算のために必要なステップを表している。これは統合ウェイトによるものであり、その計算結果は表6の右欄 (CPの3列) のようになる。たとえば、表6のCP ( $p = \infty$ ) の結果を見ると、表11の計算ステップ ( $w_j \cdot v_{ij}$ ) において、代替案別に各属性についての最大値0.4236, 0.5583, 0.3947, 0.1174の中で最小の値を示す (ミニマックス解) 案Dが選ばれていることがわかる (式 (16) 参照)。

表11. CP計算ステップ (統合ウェイトを用いた場合、(15)式・(16)式による)

代替案 (i)	正規化データ $w_j \cdot v_{ij}$				正規化データ $(w_j \cdot v_{ij})^2$				$(w_j \cdot v_{ij})^\infty$	順位
	j=1	j=2	j=3	$\Sigma(w \cdot v)$	j=1	j=2	j=3	$\Sigma(w \cdot v)^{1/2}$	$\max(w_j \cdot v_{ij})$	
A	0.4236	0.0000	0.3521	0.7757	0.1794	0.0000	0.1240	0.5508	0.4236	3
B	0.5583	0.0895	0.2347	0.8826	0.3118	0.0080	0.0551	0.6123	0.5583	4
C	0.3947	0.0336	0.0000	0.4283	0.1558	0.0011	0.0000	0.3961	0.3947	2
D	0.0000	0.0672	0.1174	0.1845	0.0000	0.0045	0.0138	0.1352	0.1174	1

すべての方法についての総合評価の結果は、いずれによっても代替案CとDがすぐれていることがいえる。代替案CとDの原データを比較すると、属性1でDの方が数字的

には倍以上すぐれ、属性2ではCの方が倍近くすぐれ、属性3ではほんの少しCの方がすぐれている。

主観ウェイトによると属性3に対するウェイトがかなり大きいため、属性3がもっとも良い代替案Cが選ばれる傾向にあるが、TOPSISではそこでも代替案Dがすぐれているとしている。統合ウェイト、客観ウェイトを用いた場合には、属性1のウェイトが相対的に大きいので、いずれの方法でも属性1のすぐれている代替案Dが選ばれることになる。

## 5. まとめ

本稿は、意思決定に伴う多属性評価の方法を概観し、特に属性に対する重要度を表すウェイトの捉え方、また、それらの属性を総合化する方法について述べたものである。

ウェイトについては、各属性に対して意思決定者が判断する主観的な選好ウェイトと、属性それ自体がもっているデータ構造から求められる客観ウェイト、およびそれらを統合したウェイトの考え方を述べ、その求め方を提示した。また、これらの主観ウェイト、客観ウェイト、統合ウェイトを、総合化の手法であるSAW, TOPSIS, CPなどに適用した代替案評価の数値例を示した。

次稿では、これらの方法を現実の意思決定問題に適用した事例を示す。

## 参考文献

- [1] Delft, A. & Nijkamp, P., *Multi-criteria Analysis and Regional Decision-making*, Springer, 1977
- [2] Salomon, V.A.P & Montevechi, J.A.B., "A Compilation of Comparisons on the Analytic Hierarchy Process and Others Multiple Criteria Decision Making Methods: Some Cases Developed in Brazil", *Proceedings of the 6th ISAHP*, pp.413-419, Berne, 2001
- [3] Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, pp.187-198, McGraw-Hill, NewYork, 1982
- [4] Fan, Z, Ma, J. & Tian, P., "A Subjective and Objective Integrated Approach for the Determination of Attribute Weights", *The 4th Conference of the International Society for Decision Support Systems*, 1997
- [5] Saaty, T. L., *Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980
- [6] Hwang, C.L. & Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications - a State of the Art Survey*, Springer-Verlag, Berlin, 1981
- [7] Naumann, F., "Data Fusion and Data Quality", *Proceedings of the International Conference of Very Large Databases (VLDB)*, pp.447-458, Edinburgh, 1999
- [8] Janic, M. & Reggiani, A., "Multicriteria Evaluation of a New Hub Airport for an EU Airline", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol.2-2, pp.113-142, 2002
- [9] Srdjevic, B., Medeiros, Y.D.P.& Faria, A.S., "An Objective Multi-criteria Evaluation of Water Management Scenarios", *Water Resources Management*, Vol.18, pp.35-54, 2004
- [10] Rao, R.V. "Evaluation of Metal Stamping Layouts using a Combined Multiple Attribute Decision Making Method", *IE(I) Journal-PR*, Vol.84, pp.65-70, 2004
- [11] Janic, M., "Multicriteria Evaluation of High-speed Rail, Transrapid Maglev and Air Passenger

- Transport in Europe”, *Transportation Planning and Technology*, Vol.26, No.6, pp.491-512, 2003
- [12] Tkach R.J. & Simonovic, S.P., “A New Approach to Multi-criteria Decision Making in Water Resources”, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol.1-1, pp.25-43, 1997
- [13] Simonovic, S.P., “Application of Water Resources Systems Concept to the Formulation of a Water Master Plan”, *Water International*, Vol.14-1, pp.37-50, 1989