

鹿島建設 正員 杜若善彦
神戸大学工学部 正員 森津秀夫

1. はじめに

計画案の策定に、いくつかの代替案を比較する方法がよく使われる。このとき、意志決定者がどのように代替案を評価して判断を下したのかを分析すれば、意志決定者の代替案の評価構造をモデル化できる。そして、これを用いた計画支援システムでは、意志決定者の作業を軽減することができる。ここでは、このような代替案の評価構造の分析のためのひとつの手法を提案する。

2. 評価構造分析手法の概要

ここでは、代替案集合から代替案を順次えらび出して比較し、計画案を決定するプロセスを対象とする。ふたつの代替案の比較に際し、意志決定者は使うべき評価指標を選ぶ。この評価指標によって優劣が判断できなければ、次の評価指標を加えて比較する。これを繰り返し、劣っていると判断した代替案を棄却する。そして、残した代替案と新しい代替案とを同じように比較する。このように代替案を比較するとき、意志決定者はそれぞれの代替案を評価していることになる。この代替案を比較して計画案を決定するプロセスで得られる情報から意志決定者の評価構造を分析しようとするのが、ここで提案する手法である。

ここでは、意志決定者の評価構造を加重和最小化としてモデル化する。この場合、評価構造をとらえるには、各評価指標の重み係数を求めればよい。従来も多目的決定問題において、意志決定者の評価構造をウェイトニング法で定式化することがあった。しかし、各評価指標の重み係数を適当に決めていたことが多い。そのため、重み係数の値は、必ずしも意志決定者の評価構造を忠実に表わしていたとはいえない。そこで、ここに提案する手法では、意志決定者の下した判断から直接に重み係数を推定しようとするのである。すなわち、代替案の比較で得られる次のデータをもとに重み係数を推定する。

① 代替案同士の選好関係

② 評価指標を選んだ順序

3. 重み係数の推定方法

重み係数の推定を線形計画問題として定式化する。まず、ウェイトニング法は式(1)のように表わせる。

$$\min z = \sum_{i \in N_a} w_i f_i(a) \quad (1)$$

ここに、 a は代替案を表わすベクトル変数、 N_a は代替案の比較に使われた評価指標の添字の集合、 f_i は評価指標 i 、 w_i は評価指標 i に対する重み係数を表わす。

ここで、評価指標はその値が小さいほど意志決定者に好まれるとしている。そして、式(2)のようになると、代替案の選好との関係は式(3)、(4)になる。

$$D = \sum_{i \in N_a} w_i f_i(a_e) - \sum_{i \in N_a} w_i f_i(a_m) = \sum_{i \in N_a} w_i \{f_i(a_e) - f_i(a_m)\} \quad (2)$$

$$a_e \geq a_m \quad \text{ならば} \quad D \leq 0 \quad (3)$$

$$a_e \leq a_m \quad \text{ならば} \quad D \geq 0 \quad (4)$$

ただし、 $a_e \geq a_m$ は代替案 a_e が a_m よりも好ましいか無差別であることを表わす。

n 組の代替案の対について比較すれば、式(2)と同型の式が n 個できる。 n 回の判断の中には誤判断もありうる。そこで調整変数を導入し、以下では a_e が a_m よりも好まれるとして式(2)、(3)を式(5)に変形する。

$$\sum_{i \in N_a} w_i \{f_i(a_e) - f_i(a_m)\} + u - l = 0 \quad (u, l \geq 0) \quad (5)$$

式(5)は、比較に使った評価指標だけを考慮した式である。だが、意志決定者がさらに多くの評価指標につい

て調べていれば、 a_l と a_m との選好関係は逆転していたかもしれない。そこまで考えたうえで、限られた評価指標しか使わなかったとすると、式(5)は式(6)のようになる。

$$\sum_{i \in N_a} w_i \{f_i(a_l) - f_i(a_m)\} + \sum_{j \in N_a} w_j \{f_j^{\max} - f_j^{\min}\} + u - l = 0 \quad (6)$$

ここに、 N_a は比較に使われなかった評価指標の添字の集合、 $f_j^{\max}$ は評価指標 j の最大値、 $f_j^{\min}$ は評価指標 j の最小値である。

式(5)と式(6)のどちらを使えばよいかは、それぞれの場合において検討する必要がある。

式(5)や式(6)と同型の式だけを使って重み係数を求めれば、各回の比較の結果を最もよく説明できる重み係数が求まる。しかし、意志決定者にとって重要な評価指標の重み係数が大きくなるとは限らない。ウェイトイング法の重み係数は、評価指標の相対的重要度を表わす。いま、評価指標が正規化されているとすると、重要な評価指標ほど、その重み係数の値が大きい。したがって、評価指標の重要さがわかっているならば、重み係数はこれと矛盾しない値でなければならない。

ここで対象としているプロセスでは、意志決定者は重要な評価指標から順に選ぶと考えられる。そこで、評価指標の選択順序のデータから評価指標の重要度を調べる。この順序は比較を行なう度につねに一定ではなく、変動を伴うと考えられ、確率的な取り扱いが必要である。そこで、計量心理学的手法によるアプローチでこの順序をとらえる。すなわち、評価指標を対象として順位法と一対比較法を適用する。そして、一対比較法で求まる選好尺度値の大小関係を重み係数の大小関係に置き換えて利用する。これを、式(7)で表わす。

$$G(w) \geq 0 \quad (7)$$

ここに、 w は評価指標の重み係数を成分とするベクトル変数である。

以上により、評価構造を分析するための線形計画問題は、次のようになる。

$$\min z = \sum_{k=1}^K l_k \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i \in N_a^k} w_i \{f_i(a_l^k) - f_i(a_m^k)\} + u_k - l_k = 0 \quad (k=1, 2, \dots, K) \quad (9)$$

$$G(w) \geq 0 \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N_a} w_i = 1 \quad (11)$$

$$u_k, l_k, w_i \geq 0 \quad (12)$$

ここに、 k は k 番目の代替案の対の比較を表わし、 K は比較した代替案の対の総数である。

また、式(5)の代わりに式(6)の考え方をを使うときは、式(9)、(11)をそれに対応させて置き換える。

4. ケーススタディ

提案した評価構造の分析手法を多数の評価指標を用いる道路網計画問題に適用し、道路網計画支援システムを作成した。これは、それまでの比較作業の分析結果から代替案を選好されやすいと推定される順に並べかえて提示するものである。そのため、提示される順序が信頼できるならば、途中で作業を打ち切って計画案を決定できる。そして、これを使って複数の被験者にそれぞれの選好解を求めてもらい、重み係数を計算した。これを使って、式(1)で各人の各国の判断を説明できるかを調べると、十分に満足できる成果を得た。これにより、提案した手法の有効性が確かめられた。

5. おわりに

ここで提案した手法は、これまでは利用されなかった代替案の比較結果から評価構造を分析するものである。ケーススタディでは、計画支援システムの役割を単なる計画に必要な情報の提供だけから一歩進めることに役立つことが示された。多くの問題に適用し、実用性を確かめ、改良を加えることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 市川博信編：多目的決定の理論と方法，計測制御学会，昭和55年7月。
- 2) 武蔵真介：計量心理学，朝倉書店，1982年6月。