

選好記録からの多属性効用関数の同定に関する研究

A STUDY ON IDENTIFICATION OF MULTIATTRIBUTE UTILITY FUNCTION
BY THE PREFERENCE ANALYSIS METHOD

森 津 秀 夫*

By Hideo MORITSU

A new method for the identification of multiattribute utility functions is proposed. By this method, multiattribute utility functions are estimated from the comparisons of alternatives. Through the comparisons, the orders of examined attributes and the preferences of decision-maker are recorded. First, this data are analyzed using the ranking method. And under a hypothesis that the utility function is additive, the derivation of the utility function is formulated as a linear programming problem.

We applied this method to the priority rating of urban roads. From the result of this casestudy, it is recognized that the proposed method has a practical use.

1. はじめに

計画を策定しようとするとき、どのような基準によって計画案が作られたのかを明確にすることが要求される。計画立案の担当者が長年の経験から最良であると思われる案を作成しても、それだけで理解を得ることは困難であろう。そのようなときに意志決定の評価基準が数式で表現できれば、納得させる有効な手段になる。多くの場合、計画案はその候補であるいくつかの代替案から選択される。そこで、代替案を選択する際の基準を代替案に関する属性の関数で表すことが必要である。

意志決定者の選好関係を保存する関数は効用関数であり、複数の属性を扱うのが多属性効用関数である。意志決定者の多属性効用関数を求めるのによく使われるのは、くじによる効用測定法を用いる方法

* 正会員 工博 神戸大学講師 工学部土木工学科
(〒657 神戸市灘区六甲台町 1-1)

である。しかし、この方法には意志決定者に通常行わない判断を強いる質問が必要である点などの欠点がある。

これを補うには意志決定者が現実の作業で下した判断、あるいはそれに近い状況での判断から効用関数を推定するのが望ましい。そこで、ここでは、意志決定者の選好の記録から多属性効用関数を同定する手法を提案する。

2. 多属性効用関数の同定における問題点

多属性の効用関数を同定するための方法はいろいろなものが提案されている。その中で、最も良く使われるのがくじによる効用測定法を用いた方法¹⁾である。しかし、この方法には次のような問題点がある。

- ① 効用関数を同定するために、意志決定者は通常行わないような判断を強いられる。
- ② ①の結果として、正確な効用関数が得られな

い恐れがある。

- ③ 属性の階層構造の設定によって、意志決定者に質問をする前に効用関数のパラメータの値が限定される。
- ④ 求められる効用関数の精度が低い。
- ⑤ 求められた効用関数が意志決定者の評価構造を十分に反映しているかを直接には確認できない。

くじを用いた方法では、たとえば最良の状態が50%、最悪の状態が50%の確率で得られるくじと、確実に得られる中間の状態のどちらを選ぶかの判断を意志決定者に求める。しかし、意志決定者は実際の場面でこのような判断を行うことはあまりないために回答に苦勞し、しかも正しく答えられないのではないかと考えられる。また、確率が0.1%のくじと同値などとは答えにくい。その結果、階層構造によって効用関数が分解表現された段階で、効用関数のパラメータの範囲が限定されてしまう。さらに、どの位のくじの確率差を捉えられるかを考えると、得られる効用関数に高い精度は期待できない。そして、求めた効用関数が意志決定者の選好関係を表せているかを確かめるのに、効用関数の同定に用いたくじの結果は役立たない。あらためて、代替案の選好関係を調べなければならない。

このような欠点をなくすには、意志決定者が実際の場面で下した選好判断を分析して効用関数を同定するのが望ましい。それが不可能ならば、より現実的に判断を下すのに近い状況下で、効用関数の同定に必要な質問を行うことが必要である。

くじによる効用測定法を用いるものに対し、確率的選択モデルによる効用関数の同定方法も提案されている。たとえば、そのうちのKrishnanの方法は、一対比較から最尤推定法により加法型効用関数の重み係数を推定するものであり、実用的であるとされている¹⁾。しかし、この方法では代替案の一対比較で得られた選好関係だけしか使っていない。一対比較の方法を工夫すれば、単に選好関係だけでなく、選好の判断に至る経過をも記録できる。より多くの情報を用いれば、より精度の高い効用関数が得られる可能性がある。そこで、ここでは選好の判断に至るまでの経過を含む選好に関する記録を分析して多属性効用関数を同定する方法を提案する。

3. 選好分析手法の概要

選好記録を分析して意志決定者の評価構造をモデル化するために開発された方法に選好分析手法²⁾がある。ここで提案するのはこれを発展させたものである。そこで、まずこの手法について概要を述べる。

選好分析手法は計画支援システムのために開発された手法である。計画支援システムを使う場合、意志決定者は代替案に関する様々な情報を引き出し、代替案の優劣を判断する。この過程において、意志決定者はどのような情報に基づいて判断を下したかを記録しておけば、意志決定者の評価構造を推定するための有効な資料になる。そこで、この意志決定者の選好に関する記録を分析してその評価構造を表すモデルを作成し、それを用いて代替案を意志決定者に選好されやすい順に並べかえるようにフィードバックさせようというのが選好分析手法の考え方である。

提案された例では、代替案評価関数を複数の評価指標の加重和最小化で表している。そして、線形計画問題として定式化し、意志決定者の選好を最もよく説明できる重み係数を求めている。この際、各評価指標が調べられた順序から重み係数の大小関係を規定し、その行動に矛盾した評価関数が導かれることを防いでいる。

この代替案評価関数は、すなわち効用関数であると考えることができる。計画支援システムを対象とした場合には、求めた評価関数は陽に使用することはない。そのために明確には述べられていないが、分析の手法は一対比較法を用いて効用関数の同定を行うものである。そして、意志決定者は効用関数の同定をまったく意識することなく作業できるという利点を持っている。そこで、ここではそれを多属性効用関数の同定を目的に使うことにする。

4. 選好分析手法による多属性効用関数の同定

(1) 効用関数の同定の手順

選好分析手法を使って効用関数を同定しようとする場合、効用関数の型によって分析の手法が異なる。従来、開発されているのは加重和の最小化に対してである。そこで、ここでは加法型多属性効用関数で意志決定者の評価構造を表せることを仮定する。

計画支援システムでの選好分析手法では、各評価指標ごとの評価関数は与えられるものとしていた。しかし、ここでは効用関数自体を求めることが目的であるから、属性別の効用関数も意志決定者の選好の記録から求めなければならない。その際、属性が連続変量ばかりでなく、ランクやカテゴリーであっても扱えるようにすることが必要である。選好分析手法を多属性効用関数の同定の方法として用いる場合、これらが要点になる。

さて、このように加法型効用関数を選好記録から求めるとすると、求めなければならないものは以下のものである。

- ① 属性が連続変量で表される場合の効用関数の関数形とそのパラメータ
- ② 属性がランクやカテゴリーで表される場合の、各ランクなどに与える効用値
- ③ 各属性の重み係数

これらを一度に求めようとする、変数の数は極めて多くなり、解を求めるのが困難になる。そこで、ここでは各属性ごとの効用関数の推定と重み係数の推定を切り離し、段階的に求める。すなわち、最初にすべての属性の効用関数の初期値を仮定して重み係数を求める。つぎに、この重み係数と他の属性の効用関数を固定し、順次それぞれの属性の効用関数を求める。そして、必要な限りこれを繰り返す。

(2) 一対比較による選好記録の収集

選好分析手法の基本となる考え方は、意志決定者が通常行うのにできるだけ近い状態で下した判断と、それに至る過程の記録だけから評価構造を導き出すことである。そして、そのような状態として代替案の一対比較を採用している。くじによる効用測定で意志決定者になされる質問と、代替案を比較して優劣の判断を求める質問とを比べれば、代替案の一対比較の方が現実的な質問であることに異論はないであろう。だが、単に代替案に関する情報を漫然と示して優劣の判断を求めるのでは、意志決定者がどのような情報に基づいて判断したのかわからない。そこで、一対比較の方法を改良し、次の手順によって意志決定者に代替案の一対比較の作業を行わせる。

- ① 一対の代替案を提示する。
- ② 最も重要と思われる属性を意志決定者に選ばせ、それぞれの代替案の値を示す。

③ 代替案の優劣の判断がついたかどうかを尋ねる。もし、優劣の判断がついたならば①へもどる。優劣の判断がつかないときは④へ進む。

④ 未調査の属性が残っていれば②へもどる。すべての属性の値を調べた場合は①へもどる。

この一対比較作業を繰り返す。そして、どの代替案を提示し、どの順序で属性値が調べられ、意志決定者はどのような判断を下したかを記録する。そうすると、属性の選択順序と、どのような属性値の組み合わせに対して意志決定者はどう判断したかという情報が効用関数の同定のために使えることになる。

この比較作業が計画支援システムの場合と異なるのは代替案対の作成方法である。計画支援システムでは意志決定者に好まれやすいと判断される順に代替案を提示すればよい。しかし、効用関数の同定が目的である場合には、それでは効用関数が定まらないことが起きる。たとえば、属性値がランクで表されるとき、あるランクの値をとる代替案のすべてが比較の対象になっていなければ、このランクの効用値を決められない。そこで、意志決定者に調べられる属性に関しては属性値のあらゆる組合せが比較されるように、提示する代替案を選ぶことが必要である。

(3) 意志決定のモデル

意志決定者の評価構造は加法型効用関数で表せるとした。したがって、一方の代替案の効用値が他方よりも大きいと認めたとき、意志決定者は優劣の判断を下すと考えられる。すべての属性を調べずに選好の判断を下したときには、残りの属性を意志決定者はどのように扱っているかを考えなくてはならない。想定できるのは、まったく考慮せずに決めているということと、決めようとしている優劣の関係に対してはそれらの属性値が最悪の状態であっても判断は変わらないとしているとする2種類である。

つねに同じ属性だけを調べて判断を下しているのであれば、他の属性を考慮していないのは明らかである。しかし、比較ごとに調べたり調べなかったりする属性があるときは、最悪を考えているとする方が適切である。このように仮定すると、代替案pと代替案rを比較して代替案pを選んだとき、この選好関係はつぎのように表せる。

$$\sum_{i \in I} w_i \{ u_i(x_{pi}) - u_i(x_{ri}) \} - \sum_{j \in I} w_j \geq 0 \quad (1)$$

ここに、 x_{pi} ：代替案pの属性iの値

u_i ：属性iの効用関数

w_i ：属性iに対する重み係数

I ：比較に際して調べた属性の集合

さらに、一対の代替案を比較したときにどちらを選好するか判断は1回だけであるが、次の属性を調べる必要があるかどうか同じように判断しているのである。すなわち、次の属性を調べるという判断は、式(2)、(3)で表される。

$$\sum_{i \in I} w_i \{ u_i(x_{pi}) - u_i(x_{ri}) \} - \sum_{j \in I} w_j \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} w_i \{ u_i(x_{ri}) - u_i(x_{pi}) \} - \sum_{j \in I} w_j \leq 0 \quad (3)$$

式(2)は代替案pを優れていると判断することができないことを示し、式(3)は代替案rが優れていると判断できないことを示す。比較の途中の段階では代替案のどちらが優れているかわからないため、このふたつの式が成り立つ。

また、属性は重要と考える順に調べているのであるから、先に調べられた属性の重み係数の方が大きいと考えてよい。これらによって、意志決定者の評価構造と意志決定の行動の関係をモデル化できたことになる。ただし、このモデルは意志決定の行動を表すための唯一のモデルではない。だが、意志決定者の行動規範が明確でないかぎり、ひとつのモデルに絞ることはできない。それなりの根拠を持つモデルの可能性を否定することもできない。モデルの良否は、それぞれの場面で選好関係を十分に説明できるかどうかで判断すべきである。

(4) 重み係数の推定

重み係数の推定の際には、属性別の効用関数は固定して考える。一対比較を繰り返すと、(3)で示した選好関係を表す式が多数得られる。求める重み係数はこれらの選好関係をよく説明できなければならない。したがって、式(1)～(3)のくい違いを最小化すればよい。すなわち、選好分析手法で提案されているように線形計画問題として定式化できる。

効用関数を精度よく推定するには一対比較の回数が多いほどよい。しかし、その場合には、式(1)～(3)の形の制約式の数が増えすぎて多くなり、求解が困難になる。そこで、同じような判断を下したものを集約することにする。すなわち、同一の属性の組合せを調べ、一方の代替案が優れていると判断したケースごと、あるいは、まだ判断できないとしたケースごとにひとつの制約式にまとめる。そうすると、重み係数を求める問題は次のようになる。

問題1

$$\min Z = \sum_m n_m y_m \quad (4)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i \in I_m} w_i u_i^m - \sum_{j \in I_m} w_j + y_m \geq 0 \quad (m \in P_p) \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I_m} w_i u_i^m - \sum_{j \in I_m} w_j - y_m \leq 0 \quad (m \in R_p) \quad (6)$$

$$Gw \geq 0 \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} w_i = 1 \quad (8)$$

$$y_m, w_i \geq 0 \quad (9)$$

ここに、 y_m ：判断パターンmにおけるくい違い

n_m ：判断パターンmに属する比較回数

P_p ：代替案の優劣を決定した判断パターンの集合

R_p ：代替案の優劣を決定できなかった判断パターンの集合

N ：属性すべての集合

式(4)は、代替案の選好関係と効用関数のくい違いを小さくするための目的関数である。式(5)、(6)は各判断パターンでの選好関係を表わす。式(7)は属性に対する重み係数の大小関係を表わす制約式である。

式(5)、(6)は判断のパターンごとに式(1)、(2)の制約式の係数を平均したものである。すなわち、同一のパターンに属する判断について、調べた属性に対する係数を式(10)によって求める。

$$u_i^m = \frac{1}{n_m} \sum_{k \in K_m} \{ u_i(x_{pi}^k) - u_i(x_{ri}^k) \} \quad (10)$$

ここに、 K_m ：判断パターンmに属する比較の集合

x_{pi}^k ：比較kにおいて選好した代替案の属性iの値

判断のパターンとしてみれば、ひとつの判断で同時に得られる式(2)、(3)は同一のパターンに属する。

けれども、この両方の式を使って係数を平均すれば w_i に対する係数は0になる。そこで、代替案対の比較で代替案 p を選んだとして、式(2)の形の方だけを使うことにする。

重み係数の大小関係を規定する制約式は、属性を調べた順序から作成する。(3)で述べたように、先に調べた属性の方が重み係数が大きいとする。しかし、どの比較においても属性を調べる順序が一定しているとは限らない。そこで、順位法を適用する。この場合の順位法は不完全な順位づけのデータをもとに尺度を構成する方法でなければならない。ただし、属性を調べる順序の変動は、それほど大きくないと予想される。よって、正規分布を基にした得点を順位に対して与える方法³⁾を採用する。

この方法では、図-1に示すように各順位は標準正規分布の面積を等分割するように存在すると仮定する。そして、それぞれの順位 j が占有する面積を2等分する位置によって得点 a_j を与える。この得点を属性ごとに加算し、合計値で順位づけする。順位 j までの属性しか調べなかった場合、調べていない属性には順位づけされていない部分を2等分する位置の得点 b_j を与える。

このようにして、すべての属性の順序づけを行う。そして、属性がこの順序で並んでいるとして、属性 j と属性 $(j+1)$ に対して式(11)のように制約式を課す。これが問題1の式(7)の具体的な内容である。

$$w_j - w_{j+1} \geq 0 \quad (11)$$

(5) 属性別効用関数の同定

属性別の効用関数の同定の際には、重み係数と他の属性の効用関数は固定する。基本的な考え方は重

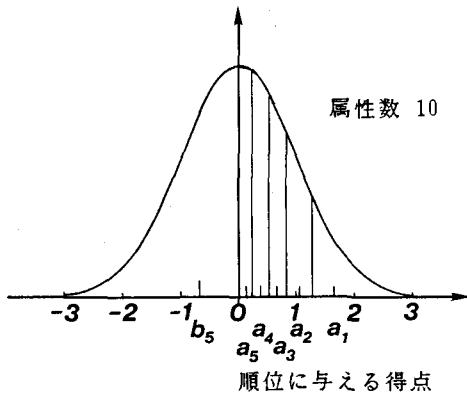


図-1 順位法で属性に与える得点

み係数を求めるときと同じであり、意志決定者の行動を最もよく説明できるようにする。属性には単にカテゴリーに分類されただけのもの、ランク分けされたもの、連続変量で表されるものがある。最初にランク分けされている場合について説明する。

属性 h が L_h 個のランクに分けられているとする。このとき、ランク1の効用値は1、ランク L_h の効用値は0、そして、ランクが上位のものの効用値の方が大きくなければならない。この条件を満たし、意志決定者の行動を良く説明できる効用値の組を求めればよい。

意志決定のモデルは重み係数を求めるときと同じである。決定変数を効用値に変え、重み係数の大小関係の制約式を効用値の大小関係の制約式に置き換えればよい。このとき、選好関係として制約式化するのは求めようとする属性が比較に際して調べられ、しかも、ふたつの代替案のその属性値が異なる場合だけである。また他の属性の効用関数を固定しているため、着目している属性の効用値の如何に関わらず選好関係が成り立つことがある。このような場合も定式化に含める必要はない。

以上のようにすると、属性 h の効用関数を同定する問題は次のようになる。ただし、重み係数を求める場合のように判断のパターンごとに制約式をまとめることはしていない。それは、ここで述べたように定式化に用いる選好関係に限られるために、多くの制約式を持つ問題にはなりにくいからである。もし、比較回数が極めて多い場合には問題1のように判断のパターンごとにまとめることも可能である。

問題2

$$\min Z = \sum_k y_k \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{s. t. } & w_h \{ u_h(x_{ph}^k) - u_h(x_{rh}^k) \} + y_k \geq \\ & - \sum_{i \in I_k} w_i \{ u_i(x_{pi}^k) - u_i(x_{ri}^k) \} \\ & + \sum_{j \in J_k} w_j \quad (k \in P) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & w_h \{ u_h(x_{ph}^k) - u_h(x_{rh}^k) \} - y_k \leq \\ & - \sum_{i \in I_k} w_i \{ u_i(x_{pi}^k) - u_i(x_{ri}^k) \} \\ & + \sum_{j \in J_k} w_j \quad (k \in R) \end{aligned} \quad (14)$$

$$u_h(1) = 1 \quad (15)$$

$$u_h(r) - u_h(r+1) \geq 0 \quad (r=1, \dots, L_h-1) \quad (16)$$

$$u_h(L_h) = 0 \quad (17)$$

$$y_k \cdot u_h(r) \geq 0 \quad (18)$$

ここに、 y_k ：比較kにおけるくい違い

P：代替案の優劣を決定した比較の集合

R：代替案の優劣を決定できなかった比較の集合

式(12)は選好関係のくい違いを最小化する目的関数である。式(13)は調べた属性の集合に属性hを含み、代替案の優劣を決めた場合である。そして、式(14)は調べた属性の集合に属性hを含み、なお他の属性を調べる必要があると判断した場合に相当する。このとき、代替案pを優れていると判定できないのと同様に、代替案rを優れていると判定できないことを表す式もできる。そこで、簡単のために、式(14)にはこの両者を含むものとする。

属性値が単にカテゴリー分類されているだけのときは、式(15)～(17)を式(19)に置き換えればよい。

$$u_h(r) \leq 1 \quad (r=1, \dots, L_h) \quad (19)$$

属性値が連続変数で表されるときは、適切な関数形を選び、そのパラメータを決定しなければならない。ここでは、その方法としてランクに分類されているときの解法を応用する。すなわち、連続変数であっても、実際には代替案の属性値である離散的な値だけが使われる。そこで、これらをランクと見なして効用値を問題2によって求める。その後で関数をあてはめる。この場合においても、ランクの数が多くなりすぎるのであれば、それらを集約して少数のランクにまとめればよい。

5. 都市計画道路の整備順位の策定における計算例

選好分析手法による多属性効用関数の同定の計算例として、都市計画道路の整備順位の策定問題への適用を示す。これは、多数の未着工の都市計画道路のどの区間を整備するのがよいかを決めようという問題である。すなわち、意志決定者の評価構造を道路区間の属性によって表すモデルを作成し、道路区間の順位づけを行うのである。この問題に対しては、Keeney・Raiffaの方法を用いて多属性効用関数を求

めている研究⁴⁾もある。

ここでは、評価に用いる道路区間の属性として、表-1に示す30個の属性を準備する。このうち、11個の属性は連続変数により効用関数を定義する。残りは3～6個のランクで効用関数を表す。そして、対象市域の未整備の都市計画道路125区間のデータを揃え、計画担当者による161組の道路区間対の比較・選好の記録を収集した。

選好記録の分析によって求めた多属性効用関数の重み係数は、表-1に示すとおりである。そして、重み係数の大きい主要な属性の効用関数は、表-2のようになった。この効用関数で道路区間ごとの効用値を求めると、その分布は図-2のようになり、比較的きれいに分布している。そして一対比較の結果と比べると、81.4%にあたる131回の比較において選好判断の結果と効用値による優劣とが一致した。判断が一致しない比較には明らかに誤判断と見なせるものが含まれているので、よく説明できていると言える。

表-1で重み係数について見ると、3属性でその値が0になっている。すなわち、これらの属性は効用関数に含めなくてもよいということである。また、それ以外の属性についても、重み係数の最大値は最小値の48倍になっている。各属性が全体の効用関数に寄与する割合が大きく異なっているのが特徴である。

属性別効用関数の特徴は、ランクの効用値が1か0になったものが多いことである。3～6個のランクを用意しても、求めた効用関数においては2個のランク分けとしてしか扱われていない。このような結果が得られたのは、各属性のランクの比較に関してはその回数が十分でなかったことも考えられる。あるいは、意志決定者が実際には区別していなかったのかもしれない。このいずれかは、計算結果からでは明確にできない。しかし、求めた効用関数で意志決定者の選好判断をよく説明できるのであるから、細かくランクを分けなくても差し支えないことは明らかである。

ここで提案した方法の特徴のひとつは、属性を調べた順序から重み係数の大小関係を規定していることである。そこで、この計算例での一対比較においては、属性がどのように調べられたかをみる。順位

表-1 属性の重み係数

属 性	重 み 係 数
1. 地 域 区 分	9.76×10^{-2} (0.574)
2. 都市計画決定年次	9.35×10^{-3} (0.055)
3. 道路混雑度	1.12×10^{-2} (0.066)
4. 広域幹線道路網整備計画	9.76×10^{-2} (0.574)
5. 都市計画標準	1.36×10^{-1} (0.800)
6. 計画交通量	9.76×10^{-2} (0.574)
7. 進 捗 度	9.36×10^{-3} (0.055)
8. 完成道路区間リンク	9.35×10^{-3} (0.055)
9. km当たり事業費	0.00 (0.000)
10. 総 事 業 費	9.76×10^{-2} (0.574)
11. km当たり立退家屋数	9.31×10^{-3} (0.055)
12. 地 元 要 望	2.10×10^{-2} (0.124)
13. 市街地開発政策	1.70×10^{-1} (1.000)
14. 安全環境政策	1.11×10^{-2} (0.065)
15. 鉄道平面交差障害	1.12×10^{-2} (0.066)
16. 高速道路関連	0.00 (0.000)
17. 鉄 道 駅	1.13×10^{-2} (0.066)
18. 港 湾	0.00 (0.000)
19. 団 地	9.59×10^{-3} (0.056)
20. 沿 道 利 用	9.59×10^{-3} (0.056)
21. 道 路 率	1.11×10^{-2} (0.065)
22. バ ス	9.79×10^{-2} (0.576)
23. 学 校	1.12×10^{-2} (0.066)
24. 公 民 館・市 民 館	3.54×10^{-3} (0.021)
25. 公 園	9.35×10^{-3} (0.055)
26. 商 店 街	9.59×10^{-3} (0.056)
27. 下 水 道	9.25×10^{-3} (0.054)
28. 上 水 道	8.14×10^{-3} (0.048)
29. 避 難 路	1.12×10^{-2} (0.066)
30. 消 防 活 動	9.34×10^{-3} (0.055)

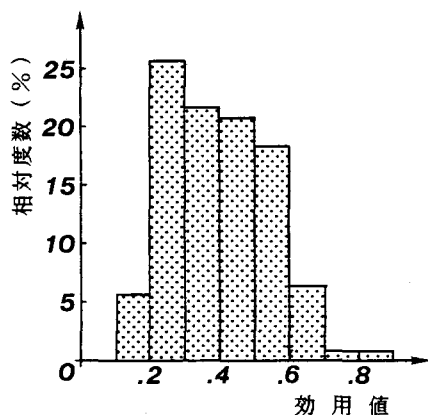


図-2 道路区間の効用値の分布

表-2 主要な属性の効用関数

属 性	効用関数およびランクの内容
1. 地域区分	$u(1) = 1.000$: 人工集中地区 $u(2) = 0.767$: 市街化区域 $u(3) = 0.000$: 市街化調整区域
4. 広域幹線道路網整備計画	$u(1) = 1.000$: 計画あり(国道) $u(2) = 0.000$: 計画あり(県道) $u(3) = 0.000$: 計画あり(市道) 計画なし(国道) $u(4) = 0.000$: 計画なし(市道)
5. 都市計画標準	$u(1) = 1.000$: 主要幹線 $u(2) = 1.000$: 幹線 $u(3) = 0.000$: 補助幹線 $u(4) = 0.000$: 区画街路
6. 計画交通量(台/日)	$u = 3.70 \times 10^{-3} (x - 500)^{5.43 \times 10^{-1}}$
10. 総事業費(百万円)	$u = -1.76 \times 10^{-1} (x - 58)^{1.89 \times 10^{-1}} + 1.000$
13. 市街地開発政策	$u(1) = 1.000$: 開発計画関連道路 $u(2) = 1.000$: 開発構想関連道路 $u(3) = 0.000$: 上記以外
22. バス	$u(1) = 1.000$: 現在バスルート $u(2) = 1.000$: 将来バスルート $u(3) = 0.000$: 上記以外

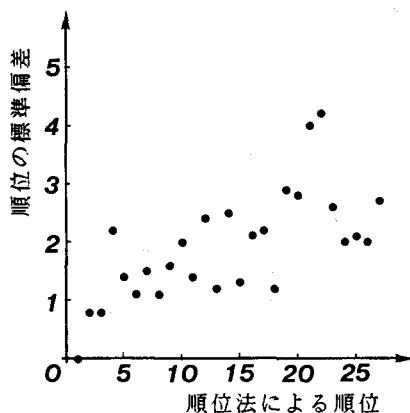


図-3 属性が調べられた順位の変動

法で求めた属性の順位と、調べられた順位の標準偏差の関係を示したのが図-3である。標準偏差の平均は1.9であるが、順位が後の属性の方が調べられる順位の変動が大きいうという傾向がわかる。そして、

順位が1位の属性は、すべての比較において同じであった。よって、少なくとも上位のものについては属性を調べる順序で重み係数の値を規定することに大きな問題はないと考える。

これらの数値は161回のすべての比較を対象にしたものであるが、さらに詳しくみると比較回数が50回を超える頃からは、属性を調べる順序の変動はかなり小さかった。したがって、この計算例では行っていないが、あらかじめ練習のための一対比較を実施すれば、極めて安定した属性の順序が得られると予想される。

ある属性をまったく考慮しないとか、ランクの差を認めないというのは、あらかじめ設定されている多属性効用関数の構成を事実上修正することである。このような結果は、くじによる効用測定法では得られにくいものであろう。したがって、この計算例は提案した多属性効用関数の同定法と、従来よく使われている方法との違いを鮮明にしたと言える。

計算例の結果をまとめると、次のとおりである。

- ① 意志決定者の選好判断をよく説明できる多属性効用関数が得られた。
- ② 0になるものも含め、求められた重み係数の値の範囲が大きい。
- ③ ランクの効用値が1か0になる場合が多く、複数のランクをひとつにまとめた結果になっている。
- ④ 属性を調べる順序は、ある程度の回数の比較を行えば安定してくる。そして、上位のものについては順位の変動は小さい。

6. おわりに

ここでは、くじによる効用測定法を用いる方法の欠点を補うために、意志決定者の選好の記録を分析して多属性効用関数を同定することを考えた。計画

支援システムのために提案された選好分析手法を改良し、属性別の効用関数の同定をも選好記録の分析から行えるようにした。そして、比較回数が多くなることに對して、判断のパターンごとに集約して定式化する方法を取り入れた。

都市計画道路の整備順位を決める問題を対象にした計算例では、意志決定者の選好判断をよく説明できる効用関数が得られた。そして、求められた効用関数は、くじによる効用測定法を用いた方法では得られにくいものであった。

ここで提案した方法は、意志決定者の評価構造を代替案の一対比較から引き出すため、意志決定者と分析を行う者の双方にとって作業が容易である。計画支援システムでの選好分析手法のように、多属性効用関数の同定の作業を自動化することも可能である。そして、解法の主体が一般的な線形計画法であることも利用のしやすさにつながる。適用できるのは評価構造を加法型の効用関数で表せる場合に限られるが、実用的な多属性効用関数の同定法であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 市川惇信編：多目的決定の理論と方法，計測自動制御学会，1980年7月。
- 2) 杜若善彦・森津秀夫：代替案比較結果を用いた評価構造の分析の一手法，土木学会第39回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp. 403～404，1984年10月。
- 3) 武藤真介：計量心理学，朝倉書店，1982年6月。
- 4) 枝村俊郎・松下綽宏：都市計画道路の着工優先順位，建設工学研究所報告，第27号，pp. 181～189，1980年12月。