

効用関数とAHPの関係の明確化とその環境負荷を考慮した土木構造物の設計への適用

岐阜大学工学部

学生 置田 琴映

正員 本城 勇介

日建建設（株）

正員 杉山 郁夫

1. はじめに

1. 1 背景

現在、社会基盤施設整備にあたり、地域住民の合意形成が社会的に大きな問題となり関心も高いのは周知の事実である。このような傾向は、個々の土木構造物の設計に当たっても同様の問題を提起しており、例えば2005年に愛知県で開催される国際万国博覧会の土木構造物施設を対象に、環境負荷の低減と関係者の合意形成を計るための構造物設計のフレームワークを提案した土木学会「環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン・同コメンタリー」(2001)などが提案されている。[1]

このガイドラインでは、従来型の標準設計項目に加えて、環境負荷低減性を重要設計項目として考慮し、かつ複数の合意形成参加者の意見を取り入れた構造設計の代替案の選定を支援するような意思決定プロセスの提案が行われている。

上記の研究では合意形成にAHPを用いている。AHPは複雑な要素を含んだ問題（尺度の違うものや計量可能でないもの）から多様な要素をバランスよく取り込み、臨機応変に使いこなせる意思決定の方法である。まず、問題の要素を「最終目的」「評価基準」「代替案」と階層化する。そこで総合目的を踏まえて各評価項目の重要性を一对比較から求め、次に各代替案の重要度を評価する。最後にこれらを総合目的から見た代替案の評価に換算する。以上の過程から最適と考えられる代替案の選定を行う。

しかし、AHPによる合意形成の方法は信頼性が明確ではなく、話し合いにおいてAHPの結果は指標として用いられる程度である。

1. 2 本研究の目的と位置付け

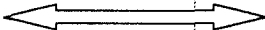
AHPの利点は、アンケートの対象者は一对比較により比較をしやすく、合成結果も逆数行列になるのでわかりやすい。しかし、問題点として結果が参加者や評価項目の変更などに大きく左右される、要素相互に与える影響が効用に十分に記述できない、などがあげられる。

この問題を解決するために、人間の価値観を定量的に表現するための数学モデルとして経済学の分野で多く扱われてきた効用関数（多属性効用関数）を用いる。まず、AHPと効用関数との両者の明確な関係を見つけ出し、そこから先回の研究で求めたアンケートの結果を効用関数の立場からどう見ればよいのか、また既存のAHPの改良点を考察していく。また、AHPと効用関数の関係を明確にしたところで、アンケート結果の合意形成に利用する。先回は個人ごとにアンケートの結果を一对比較した後、幾何平均によって合意形成を行ったが、この点についても効用関数の立場からの合意形成を検討する。

2. 研究方法と解析結果

はじめにAHPと多属性効用関数の関係について比較する。

多属性効用関数には様々な分解表現があるが、最も簡単なものとして相互に効用独立であり、加法独立である場合の分解表現とAHPの評価方法について比較してみる。

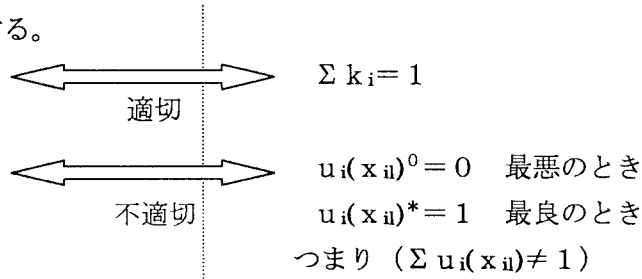
AHP		効用関数（相互効用独立&加法独立）
$U_1 = \sum k_i w_{i1}$		$u(x) = \sum k_i u(x_i), \sum k_i = 1$
k_i : 評価項目の重み		k_i : 確率
w_{i1} : 代替案の重み		$u_i(x_i)$: 効用値
		x_{i1} : 評価項目 i に関する代替案の結果

評価項目間のウェイトの和を 1 とする。

$$\sum k_i = 1$$

代替案の評価値の和を 1 とする。

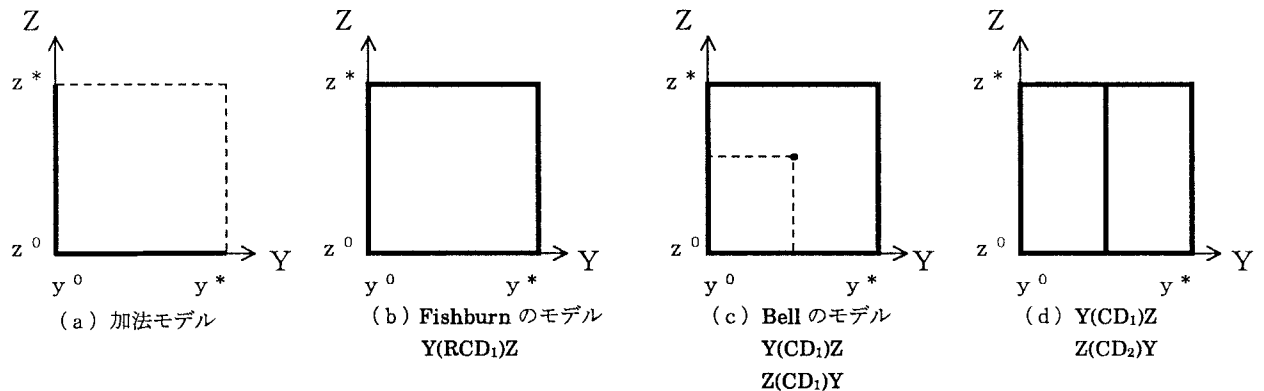
$$\sum w_{ij} = 1$$



この場合、代替案の評価値の和を 1 とするのではなく、評価項目に満足できる最低ラインであるような仮想代替案をもうけ、それを代替案に加え、一対比較を行うことで仮想代替案を 0 とする正規化が行える。したがって、不適切な部分は解消され、仮想代替案を用いることで、加法独立の場合は AHP を用いることができる。[2]

しかし、現実には相互効用独立である場合の分解表現を用いることは難しい。そこで、次に凸依存性の場合における多属性効用関数の分解表現と AHP（加法モデル）について比較をする。

ここでは分解表現のすべてを書き出すことはしないが、2 属性効用関数のうち 3 種の独立性あるいは凸依存性のもとで得られる分解表現を構成するのに必要な正規関数に関する情報の違いを（図-1）に示す。[3]



（図-1）凸依存性の次数と分解表現を構成するのに必要な正規関数に関する情報との関係

（a）加法モデル（AHP）と他のモデルを比べると加法モデルでは情報が不足することがわかる。Fishburn のモデルを取り上げてみると、加法モデルではそれぞれ 2 つの要素について片方の要素をあるレベルに固定したときのもう片方の要素の効用値を必要とするのに対して、Fishburn のモデルでは要素が最良と最悪のときそれぞれに固定したとき 2 つの条件下についてもう片方の要素の効用値を必要とする。

Fishburn モデルの分解表現を見ると

$$u(x_1, x_2) = k_1 u_1(x_1 | x_2^0) + k_2 u_2(x_2 | x_1^0) + \frac{f(x_1, x_2^*) f(x_1^*, x_2)}{f(x_1^*, x_2^*)}$$

$$\text{cf) } f(x_1, x_2) = u_1(x_1 | x_2) \{ (1 - k_1) u_2(x_2 | x_1^*) + k_1 - k_2 u_2(x_2 | x_1^0) \} - k_1 u_1(x_1 | x_2^0)$$

$$k_1 = u_1(x_1^*, x_2^0) \quad k_2 = u_2(x_1^0, x_2^*)$$

と表され、不足している情報は下線部の式で表されると考えられる。この式を AHP において不足する部分に用いて計算し評価する。また他のモデルについても同じように凸依存性のときの分解表現から AHP について不足する部分を補い、評価を行う。

3. むすび

具体的な計算例については発表時に譲る。

参考文献

- [1] 土木学会(2001): 環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン・同コメントリー、
- [2] 木下栄蔵(2000): AHP の理論と実際、日科技連
- [3] 田村・中村・藤田(1997): 効用分析の数理と応用、コロナ社