

ファジィ AHP を用いた土木計画における合意・決着プロセスに関する研究 *The Process of Agreements and Determinations in Infrastructure Planning Through Fuzzy AHP*

福島 宏文* 岸 邦宏** 加賀屋 誠一*** 佐藤 馨一****

By Hirofumi FUKUSHIMA, Kunihiro KISHI, Seiichi KAGAYA and Keiichi SATOH

1.はじめに

土木計画はその公益性から、最終的な意思決定においてすべての人々がその便益を享受でき、不利益を被らない判断が最適であることはいうまでもない。

しかし、現実にはお互いの価値観の違いや利害対立等から、すべての面で満足のいく意思決定を行うことは極めて困難であり、意思決定者の責任に基づく決定や市民の許容、双方の妥協等により何らかの決定がなされているのが実状であろう。

本研究ではこのような状況をふまえ、「合意」と「決着」という2つの観点からファジィ測度を用いた AHP 手法とゲームの理論を適用し、土木計画における意思決定問題の構造理解、計画の最終決着へのプロセスのモデルによる表現、及びその事例適用を目的とする。

2.ファジィ測度を用いた AHP 手法

ファジィ測度を用いた AHP 手法(以下ファジィ AHP)は、AHP にファジィ積分を取り入れた評価手法であり、以下のような特徴を持つ。

- ① 従来の平均的な評価(N 評価)に加え、代替案の持つ得点の内、高得点や低得点に注目した評価(それぞれ U 評価, L 評価)を行うことができる。
- ② 評価項目が互いに独立であることを仮定しなくても良い。

ファジィ AHP は以下の式から算出される。

$$U(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \max_{k \in E(j)} f(i, k)$$

$$N(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{mean}_{k \in E(j)} f(i, k)$$

$$L(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \min_{k \in E(j)} f(i, k)$$

$U(i)$ $N(i)$ $L(i)$: 代替案 i の U, N, L 評価得点

j : 評価基準の説明測度昇順

n : 評価基準の数

$E(j)$: 評価基準 j の説明測度

$\Delta(j)$: $E(j) - E(j-1)$

$f(i, k)$: 各評価基準からみた各代替案の得点

k : $E(k) \geq E(j)$ なる評価基準

3.ファジィ測度を用いた AHP 手法の拡張

これまでの、ファジィ AHP では、評価得点の意味づけが明確になっていなかった。また、評価の指向性(高得点重視、低得点重視)の表現が3段階でしか表現されなかった。

本研究では、これらを踏まえ、評価得点が代替案への満足度であるとして、2つの点で拡張を行った。

(1)評価得点の連続化

ファジィ AHP の評価得点をそれぞれ以下のように意味づけした。

U 評価: 100%の人が高得点に注目したときの満足度
(楽観的な評価)

L 評価: 100%の人が低得点に注目したときの満足度
(悲観的な評価)

N 評価: 高得点、低得点にそれぞれ 50%ずつの人が注目したときの満足度(楽観的、悲観的な人が半数ずつ存在する)

Keywords: 公共事業評価法、意識調査分析、計画手法論

*正会員 修(工) 北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所
(北海道上磯郡上磯町追分 4 丁目 11-2, TEL 0138-49-2631)

**学生員 修(工) 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

***正会員 学術博 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

****フェロー 工博 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

この場合、ファジィ AHP の評価得点は従来の 3 段階の離散的な値ではなく、代替案の特徴への注目の仕方によって、連続的に分布することになる。

そこで、 r を評価主体の楽観度とし、ファジィ AHP の評価得点を従来の 3 段階の評価から、 r による連続的な値に拡張した(U 評価: $r=1.0$ 、N 評価: $r=0.5$ 、L 評価: $r=0.0$)。

U 評価側では、上位 1 位、2 位、3 位……、L 評価側では下位 1 位、2 位、3 位……の得点を平均することで、中間値を多段階に表現することが可能となった。

$$U_m(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{Umean}_m f(i, k)$$

$$L_m(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{Lmean}_m f(i, k)$$

$U_m(i)$: 代替案 i の U 側評価得点

$L_m(i)$: 代替案 i の L 側評価得点

m : 評価基準の順序 ($1 \leq m \leq n$)

Umean_m : 上位 m 個の値の平均を与える関数

Lmean_m : 下位 m 個の値の平均を与える関数

このとき、

$$L= L_1 \leq L_2 \leq \dots \leq L_n = N = U_n \leq \dots \leq U_2 \leq U_1 = U$$

である。

$$r(U_m) = 0.5 + \left(\frac{\sum_{j=1}^n E(j) - \sum_{j=1}^m E(j)}{\sum_{j=1}^n E(j) - E(1)} \right) \times 0.5$$

$$r(L_m) = 0.5 - \left(\frac{\sum_{j=1}^n E(j) - \sum_{j=1}^m E(j)}{\sum_{j=1}^n E(j) - E(1)} \right) \times 0.5$$

$r(U_m)$: U_m の r 値(楽観度)

$r(L_m)$: L_m の r 値(楽観度)

(2)満足層・中間層・不満層の算出

各代替案に満足している人、していない人及びその中間に属している人の割合を、説明測度に可能性測度、必然性測度の概念を取り入れることで表現した。

満足層(確実にその代替案に満足する層)の割合は、

説明測度に必然性測度を用いた評価得点を用いる。

不満層の計算には、1 から $f(i, k)$ を減じた値を用い、同様に算出する。その結果を、次式より、満足層の評価に対応させる。

$$N(A) = 1 - \Pi(\bar{A})$$

中間層の割合は 1.0 から満足層・不満層の割合を減じた値になる。

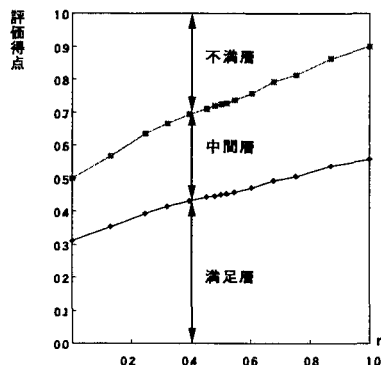


図1 満足層・中間層・不満層の表現
($r = 0.4$ の時)

4.ゲームの理論への適用

土木計画のゲームを図のように表した。

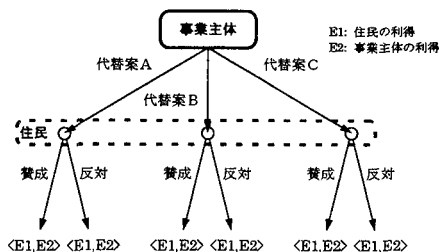


図2 土木計画ゲーム

プレイヤーは事業主体と住民。戦略は事業主体が複数の代替案を提示し、住民がそれについて賛成または反対の意思表示をするということとした。

また、ゲームの理論において、プレイヤーの各戦略における利得を算出することは、一般に困難である。本研究では、ゲームの利得行列にファジィ AHP の評価得点を用いることでこの問題の解決にあたった。

5.モデルによる事業主体の行動の導出

住民に賛同を得られなかった場合に事業主体が取りうる行動として、本モデルより以下のようなことがあげられる。

①代替案への理解の促進

- ・代替案の不安材料を排除。(L 評価の底上げ)
- ・利点の理解の促進。(U 評価の向上)

②事業主体への不信感の払拭

- ・情報公開等により事業主体への信頼度を向上。(r 値(楽観度)の向上)

③中間層の満足層への取り込み

- ・問題構造の理解促進。(説明測度の拡大)

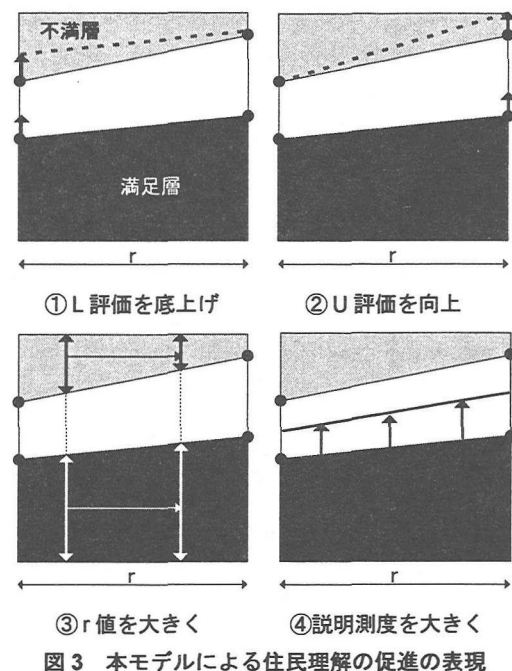


図3 本モデルによる住民理解の促進の表現

6.治水整備問題への適用

以上のプロセスの有用性を明らかにするために、具体的に治水整備問題を想定し、仮想的なデータをもとに検証することとする。

(1) AHP による利得行列の計算

問題構造を図4の階層図に示す。

評価項目(環境、農業、漁業、水害、地域活性化)

の説明測度と各代替案(河川改修、複合対策、現状維持)に割り振られる評価項目の得点を各評価主体(事業主体、住民)について設定し、算出された評価得点を利得行列とする。また事業主体の提案が住民に反対されたときの利得は、0であるとした。



図4 治水整備問題

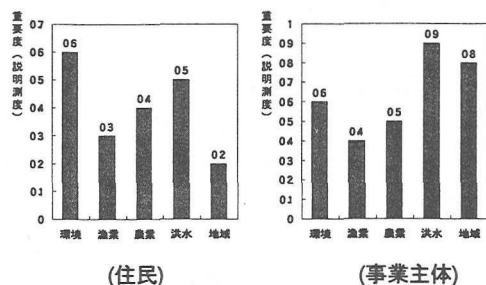
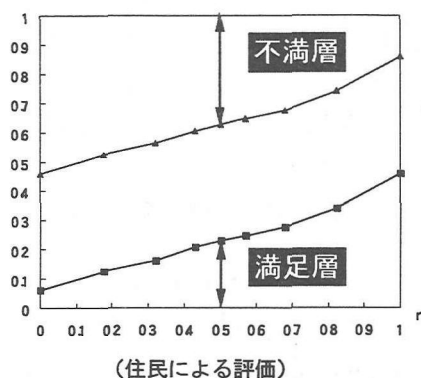
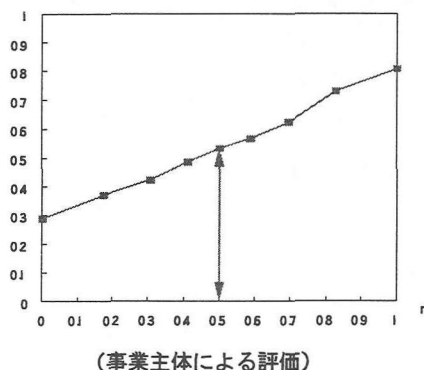


図5 説明測度の設定



(住民による評価)



(事業主体による評価)

図6 河川改修の評価得点(r=0.5の場合)

(2)均衡解の算出

以上の値を用いてゲームの均衡解を算出する。

表 1 利得行列

(住民、事業主体ともに $r=0.5$ の場合)

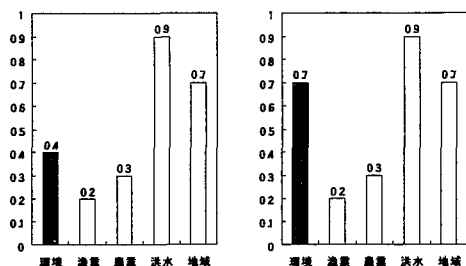
	河川改修	複合整備	現状維持
賛成	0.229	0.302	0.348
反対	0.533	0.437	0.323
反	0.371	0.298	0.253
対	0.000	0.000	0.000

※ 上段：住民、下段：事業主体 ■：Nash 均衡解

この場合、河川改修推進の場合に住民から賛同を得られないという結果となった。

(3)住民理解促進による結果

(2)の条件と比べ、河川改修案の自然環境に対する影響について 30%の住民理解が促進した場合を想定し均衡解を算出した。



(住民理解促進前) → (住民理解促進後)

図 7 河川改修の評価項目得点

表 2 利得行列

(住民、事業主体ともに $r=0.5$ の場合)

	河川改修	複合整備	現状維持
賛成	0.303	0.302	0.348
反対	0.533	0.437	0.323
反	0.297	0.298	0.253
対	0.000	0.000	0.000

※ 上段：住民、下段：事業主体 ■：Nash 均衡解

環境問題について改善がなされた結果、河川改修案に対し住民の賛同を得るという均衡解になった。

7.おわりに

本研究の成果は以下になる。

①土木計画の意思決定問題をファジィ AHP 手法、ゲ

ームの理論によって表現した。

②ファジィ AHP 手法の評価得点をこれまでの3段階から、多段階の連続表現に拡張し、定式化を行った。また、評価得点を満足度と意味づけ、代替案の満足層・中間層・不満層の区別を明確化した。

③ゲームの利得行列にファジィ AHP の評価得点を用い、均衡解を算出した。

④土木計画の決着への過程をモデルにより表現した。

また、本研究では、住民理解が得られることを想定して均衡解を算出したが、現実には事業主体と住民との折り合いがつかずに問題が長期化し、首長の責任による決定や住民投票による決定がなされる例が少なくない。

この場合、以下の様な事柄を踏まえた総合的な判断によって決着されることが望ましい。

- ①人間の特質 ⑥本音と建前
- ②共通点と相違点 ⑦道徳と法
- ③経済性と安全性 ⑧現実と理想
- ④個と全体 ⑨過去、現在及び未来
- ⑤必要なことと望ましいこと

今後の研究課題としては、以上のような事柄を検討し、アンケート調査によるシミュレーション等から検証を進めていく必要があると思われる。

【参考文献】

- 福島宏文,高橋清,佐藤馨一：積雪寒冷地における地下通路ネットワーク計画に関する研究 土木学会 第 50 回年次学術講演会概要集 1995
- 赤川裕志,高野伸栄,佐藤馨一：新幹線札幌駅の立地計画に関する研究 土木学会 第 51 回年次学術講演会概要集 1996
- 高野伸栄,佐藤信哉,加賀屋誠一,佐藤馨一：土木計画におけるグループ意思調整に関する基礎的研究 土木計画学研究・講演集 No19(2) 1996
- 佐伯 胖：「きめ方」の論理 社会的決定論への招待 東京大学出版会 1980
- 日本ファジィ学会：ファジィ測度 日刊工業新聞社 1993
- 日本ファジィ学会：ファジィ OR 日刊工業新聞社 1993
- 坂口 実：ゲームの理論 森北出版 1969
- 行方常幸, 行方洋子：はじめてのゲーム理論 ゲーム理論と人間のつながり 富士書院 1995