

Ⅳ-43

土木計画における合意と決着に関する基礎的研究

北海道大学 学生員 福島 宏文
 北海道大学 正 員 高野 伸栄
 北海道大学 正 員 加賀屋誠一
 北海道大学 フェロー 佐藤 馨一

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事は言うまでもない。

しかし、全ての場合において、そのような理想的な結論を求めることはある意味ナンセンスであり、現実にはお互いの価値観の不一致や利害の対立がおこり、合意形成がなされない場合が少なくない。しかしながら、このような場合においても、何らかの結論を求めることが必要であり、意思決定者の責任の元での決定や市民の許容、双方の妥協による決定がなされているのが実状であろう。

本研究では、「合意」と「決着」という2つの観点からこのような状況をふまえ、ファジイ測度を用いた AHP 手法とゲームの理論の適用から、土木計画における意思決定問題をとらえることを目的とする。

2.可能性測度・必然性測度

可能性測度 Π 、必然性測度 N はファジイ測度的一种であり、それぞれ以下のように、定式化される。

$$\begin{aligned} \Pi(X) &= 1, \Pi(\phi) = 0 \\ \forall A, \forall B, \Pi(A \cup B) &= \max(\Pi(A), \Pi(B)) \\ N(X) &= 1, N(\phi) = 0 \\ \forall A, \forall B, N(A \cap B) &= \min(N(A), N(B)) \end{aligned}$$

このように、ある集合を表す尺度の内、考え得る最大の値が可能性測度であり、最低限の値が必然性測度ということになる。

例えば、投票による決定をするとき、確実に賛成票を入れる人数の割合が必然性測度となり、投

票の可能性のある中間層までを考慮に入れた人数の割合が可能性測度ということになる。反対に関しての必然性測度・可能性測度も同様の考え方から理解できる。

実際の投票結果はこの2つの測度の間に存在することになる。

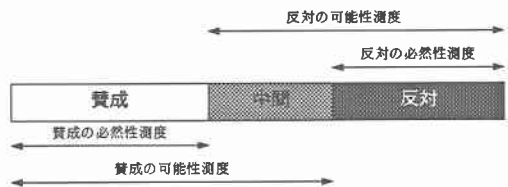


図1 可能性測度・必然性測度の例

3.従来の AHP 手法

3.1.AHP 手法

AHP(Analytic Hierarchy Process ; 階層分析法)は、サティ(Thomas. L. Saaty)によって、1971年に提唱されたモデルで、図のように問題を階層構造によって明確化することにより、不確定な状況や多様な評価基準に基づく意思決定が可能な手法である。

特に、各評価項目のウェイト付けに一対比較を用いることによって、一般の人にも比較的わかりやすく結果を導出することができる。

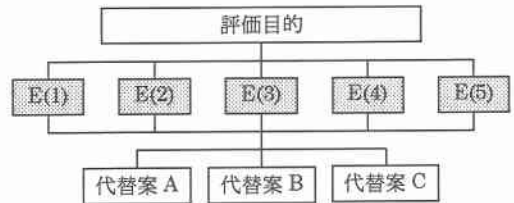


図2 階層図

3.2.ファジイ測度を用いた AHP 手法

ファジイ測度を用いた AHP 手法(以下ファジイ

イ AHP)は、従来の AHP にファジィ積分を取り入れた評価手法であり、以下の特徴を持つ。

(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 MM 評価,MN 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

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

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

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

MM(i) N(i) MN(i) : 代替案 i の MM,N,MN 評価値

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

このことを、具体的に図化すると以下の図のようになる。

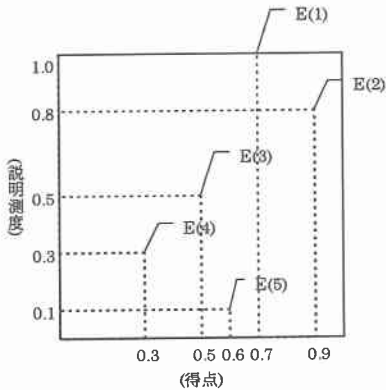


図3 説明測度と得点のプロット

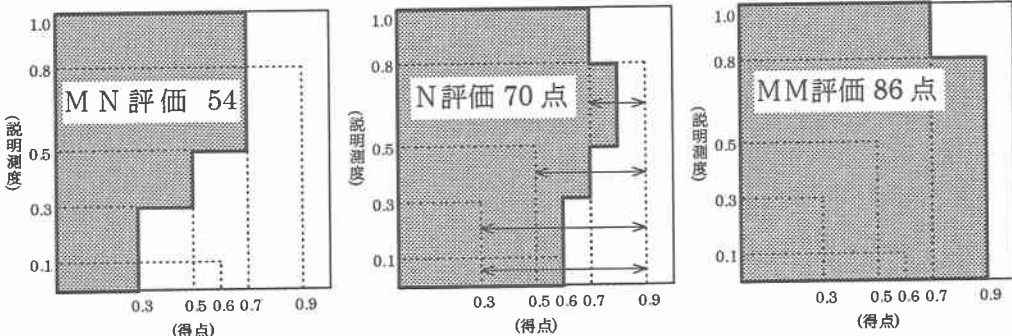


図4 MM, N, MN 評価

以上のように、説明測度(ウェイト)とその得点をプロットし、説明測度の各レベルにおいて、最小値、平均値、最大値によって囲まれた面積がそれぞれ MN、N、MM 評価値になる。

4. 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 手法では、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段階でしか表せなかった。

本研究では、評価得点が代替案への満足度であると意味づけした上で、これらの点に注目して、2つの点で、ファジィ AHP の拡張を行った。

4.1. 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。

MM 評価値 : 100%の人が高得点に注目したときの満足度 (楽観的な評価)

MN 評価値 : 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 評価値 : 高得点、低得点に 50%づつの人が注目したときの満足度 (楽観的、悲観的な人がそれぞれ半分ずつ存在する)

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、代替案の得点への注目の仕方によって、得点は連続的に分布することになる。

そこで、高得点に注目している人の割合を $100 \cdot r\%$ とおいて、評価得点の連続化を行った。

表1 MN, N, MM 評価の計算過程

MM 評価(各レベルの最高点に注目)

Δ						
0.2			0.7			
0.3		0.7	0.9			
0.2		0.5	0.7	0.9		
0.2	0.3	0.5	0.7	0.9		
0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	

N 評価(各レベルの平均点に注目)

Δ						
0.2			0.7			
0.3		0.7	0.9			
0.2		0.5	0.7	0.9		
0.2	0.3	0.5	0.7	0.9		
0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	

MN 評価(各レベルの最低点に注目)

Δ						
0.2			0.7			
0.3		0.7	0.9			
0.2		0.5	0.7	0.9		
0.2	0.3	0.5	0.7	0.9		
0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	

表2 中間値への拡張

MM 側評価(上位の得点に注目)

Δ						
0.2			0.7			
0.3		0.7	0.9			
0.2		0.5	0.7	0.9		
0.2	0.3	0.5	0.7	0.9		
0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	

← 上位から平均値を計算

MN 側評価(下位の得点に注目)

Δ						
0.2			0.7			
0.3		0.7	0.9			
0.2		0.5	0.7	0.9		
0.2	0.3	0.5	0.7	0.9		
0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	

→ 下位から平均値を計算

これまで、MM、N、MN の3段階でしか表せなかった評価値を、以上のように MM 側では、上位1位、2位、3位……、MN 側では下位1位、2位、3位……の得点を平均することで、中間値を連続的に表現することが可能となった。

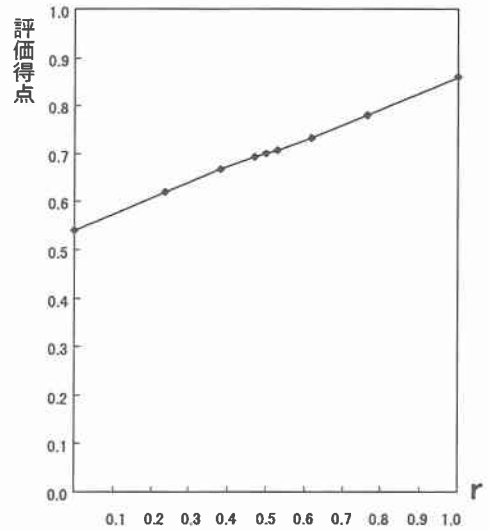


図5 中間値の算出

4.2.賛成層・中間層・反対層の算出

各代替案の賛成、反対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、必然性測度を用いることで表現した。

賛成層(確実にその代替案に賛成する層)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。

反対層の割合は次式より、1.0 から可能性測度による評価得点を減じた値を用いる。

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

中間層の割合は 1.0 から賛成層・反対層の割合を減じた値になる。

このようにして求めた、ファジィ AHP の評価得点を意思決定における「合意」の部分として表現することとする。

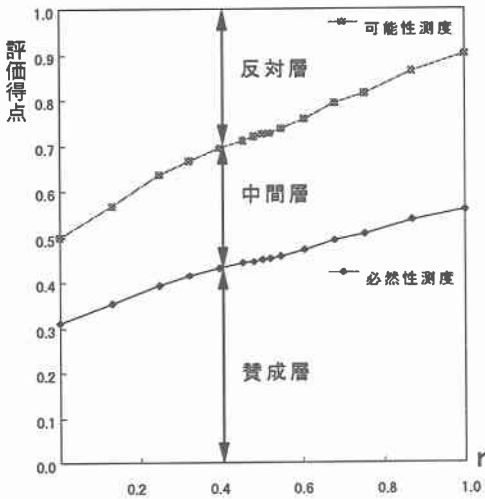


図6 賛成層・中間層・反対層の表現
($r = 0.4$ の時)

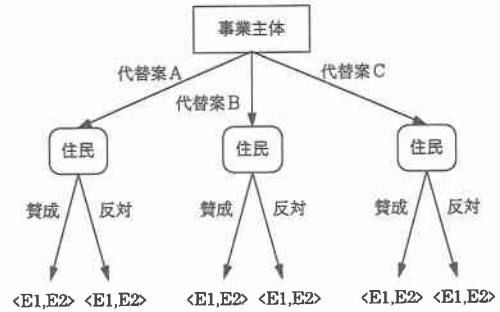
5. ゲームの理論への応用

5.1. 土木計画「決着」ゲーム

土木計画の「決着」のゲームを図のように表した。

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、こ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。



E1: 住民の利得

E2: 事業主体の利得

図7 土木計画「決着」ゲーム

6. 新幹線札幌市内駅立地問題への適用

以上のプロセスを具体的に新幹線札幌市内駅立地問題へ適用することとする。

6.1. AHP による利得行列の計算

問題構造を以下の階層図で表した。

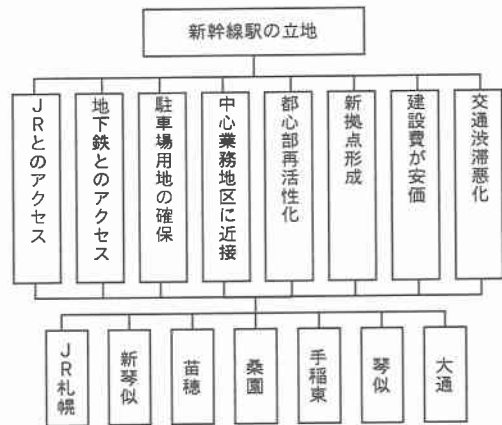


図8 新幹線札幌市内駅立地問題

6.1.1. 住民の利得行列

評価項目の説明測度を以下の住民アンケートから算出した。

このアンケート結果を便宜的に必然性測度の説明測度として採用した。

また、可能性測度の説明測度には、以下の仮定からアンケート結果を最大値が1.0になるように基準化した値を用いることにする。

- (1)可能性測度は必然性測度の場合と順位が入れ替わらない。
- (2)項目間の測度の比率が変化しない。
- (3) 1位の評価項目については最大限の評価を与える。すなわち、測度の最大値である1.0になる

問 北海道新幹線の札幌市内駅の立地に関して重要であると考えられることを2つお選び下さい。

1. JR在来線からのアクセスがよい。
2. 地下鉄からのアクセスがよい。
3. 駐車場スペースを確保しやすい。
4. 中心業務地区に近接しており至便である。
5. 都心部の再活性化を図ることができる。
6. 新幹線駅周辺の再開発による新たな拠点形成を期待できる。
7. 建設費が安価である。
8. 都心部の交通渋滞を悪化させない。
9. その他

図9 アンケート票

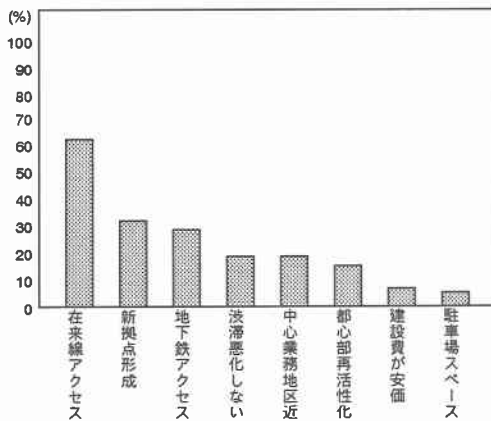


図10 アンケート結果

この値と、各代替案に割り振られた各評価項目の得点を用いることにより、評価得点を算出し、利得行列を作成する。

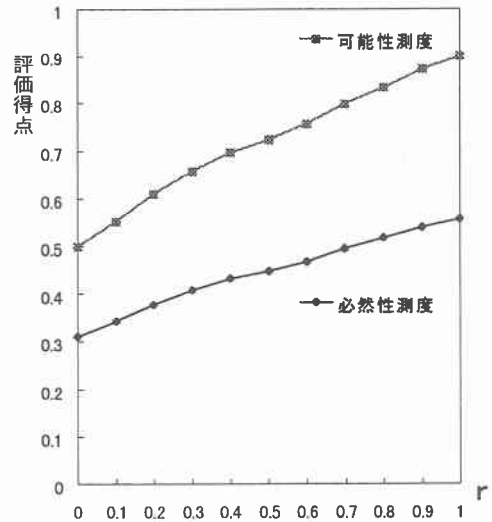


図11 JR札幌駅の評価得点(住民)

表3 住民の利得行列(r=0.5の時)

	札幌	新琴似	苗穂	桑園	手稲東	琴似	大通
賛成	0.449	0.214	0.270	0.264	0.155	0.253	0.268
反対	0.276	0.655	0.564	0.574	0.749	0.591	0.568

6.1.2.事業主体の利得行列

事業主体の利得行列を算出するため、説明測度を以下のように仮定した。

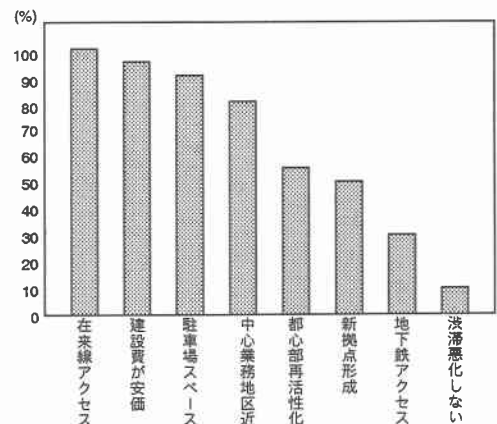


図12 事業主体の説明測度

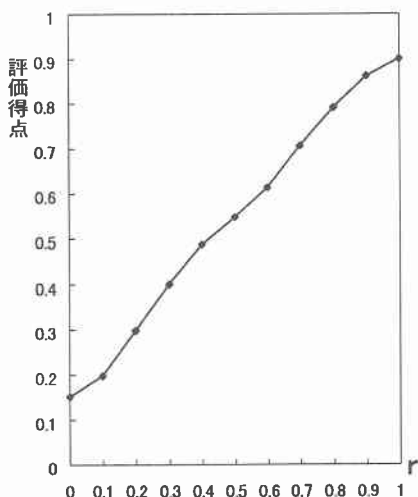


図13 JR札幌駅の評価得点(事業主体)

住民と同様に、ファジィ AHP から事業主体の利得を算出する。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。

表4 事業主体の利得行列($r = 0.5$ の時)

	札幌	新琴似	苗穂	桑園	手稲東	琴似	大通
賛成	0.546	0.286	0.448	0.532	0.384	0.443	0.394
反対	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

6.2.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5 利得行列

(住民、事業主体ともに $r = 0.5$ の時)

	札幌	新琴似	苗穂	桑園	手稲東	琴似	大通
賛成	0.449	0.214	0.270	0.264	0.155	0.253	0.268
賛成	0.546	0.286	0.448	0.532	0.384	0.443	0.394
反対	0.276	0.655	0.564	0.574	0.749	0.591	0.568
反対	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

※ 上段：住民、下段：事業主体

■ : Nash 均衡解

結果は、JR 札幌駅への併設の場合、住民の賛成を得られ、他の場合については反対されるといふ決着となった。

このゲームの場合、住民の意見がそのまま決着に現れるものとなった。今後の検討課題として、実際の場合における決着との比較検討や、事業主体における責任の概念の導入など、 r 値の変化や利得行列作成の仮定に関して研究を進める必要がある。

7.おわりに

本研究の成果は以下ようになる。

1. 土木計画の意思決定問題を「合意」と「決着」の2つに整理して考え、それぞれファジィ測度を用いた AHP 手法、ゲームの理論による表現を行った。
2. ファジィ測度を用いた 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た。
3. ファジィ測度を用いた AHP 手法の評価得点を満足度と意味づけ、代替案の賛成層・中間層・反対層の区別を明確化した。
4. 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。
今後の課題としては、
 1. 土木計画・土木事業のケーススタディによる理論値の精査。
 2. 利得行列へのファジィ測度の適用。
 3. アンケートによる必然性測度・可能性測度の算出方法の確立。
 4. 効用関数との比較検討。

【参考文献】

- 1) 赤川、高野、佐藤：新幹線札幌駅の立地計画に関する研究 土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集 1996
- 2) 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
- 3) 日本ファジィ学会：ファジィ測度 日刊工業新聞社 1993
- 4) 日本ファジィ学会：ファジィ OR 日刊工業新聞社 1993
- 5) 坂口 実：ゲームの理論 森北出版 1969
- 6) 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