

非加法的ウェイトを用いたAHPの土木計画における適用

北海道大学 高野伸栄

1. はじめに

土木計画代替案の評価を行う場合、例えば、平均点は高いけれども、ある評価要因に関する評価が極端に低く、それが重大な障害となる場合や、逆に平均点は低いけれども、ある評価要因に関する評価が他より非常に高く、この代替案の再検討が良い結果をもたらす可能性がある場合などが想定される。

本稿においては、これらの問題に対し、より柔軟な要因の取扱いと多角的な評価を可能にすべく、ファジイ測度の考え方をを用いた評価法について、ケーススタディに対し、適用を試み、その有用性を検証するものである。

2. ファジイ測度を用いた評価法の定式化

(1) 非加法的ウェイトの正規化

従来の階層分析法においては、

$$(A - \lambda_{max} \cdot I) \cdot W = 0 \quad \text{--- ①}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{----- ②}$$

によって、ウェイトを求め、総合評価値を算出していた。本方法では、非加法的なファジイ測度を用いた評価を行うため、式①と次の式③によって、ウェイトを求める。

$$\max(w_i) = 1 \quad \text{----- ③}$$

(2) 説明可能度の定義

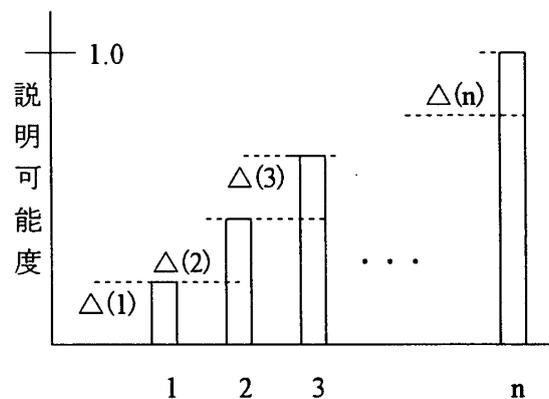
前述したファジイ測度の一つとして、本研究において説明可能度という言葉を用いたように定義する。

「評価要素 X_i が上位目的を説明できる度合い」、すなわち、あるレベルのウェイト $w_i = 1.0$ であったとすると、その評価項目が上位目的を完全に説明できるものであり、 $w_i = 0.1$ であれば、0.1の度合いで可能であることを示すのである。

(3) MM、MN、N評価の定式化

説明可能度を用い、可能性測度、及び必然性測度により定式化された代替的评价及び補完的评价値¹⁾を、本研究においては、その特徴をより分かりやすく表現するため、マキシマックス評価 (MM評価)、マキシミン評価 (MN評価) と再定義する。(式④、⑤) また、評価値の意味としては、MM評価は、代替案の長所を重視した評価、MN評価は、短所を重視した評価値となる。

さらに、本研究においては、MM評価及びMN評価と同じとらえ方で、説明可能度毎のウェイトの平均値を加算するN評価を次のように定式化した。(式⑥)



説明可能度の昇順に並べた評価基準No.

図1 評価基準と説明可能度

$$MM(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \max f(i,k) \quad \text{--- ④}$$

MM(i) : 代替案 i のMM評価値
j : 評価基準の説明可能度昇順
n : 評価基準の数

E(j) : 評価基準 j の説明可能度

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

f(i,k) : 各評価基準からみた各代替案のウェイト

k : $E(k) \geq E(j)$ なる評価基準を表わす

$$MN(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \min f(i,k) \quad \text{--- ⑤}$$

MN(i) : 代替案 i の MN 評価値

$$N(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{mean } f(i,k) \quad \text{--- ⑥}$$

N(i) : 代替案 i の N 評価値

(4) MM、MN 評価の持つ意味

N 評価は、プランの平均的値を示す指標であり、従来の評価法によるウエイトと、ほぼ同一の意味をもつ。MM、MN 評価は、それぞれプランの長所、短所を評価する値であり、これらを用いることによって、各プランの分散の概念に相当するものを知ることができる。これにより、これまでの平均的値のみの評価に加え、多くの情報提供がなされ、各プランの下限、上限等をも考慮しながら、プランの選択を行うことが可能となる。

また、MM、MN 評価は、式①によって算出されることから、評価基準の独立・従属性の影響はなく、N 評価においては幾分の変動があるものの従来の評価法に比べその影響は小さい。そのため、ファジイ測度を用いた評価法においては、ほぼこの点を考慮せずに分析を行っていくことができる。

3. 地下通路ネットワーク評価問題への適用

(1) 札幌都心部地下通路ネットワークマスタープラン

札幌都心部の整備方策にもとづき、各都市機能、都市施設、また、街づくりを念頭に置いたマスタープランの概念図を実際の地図にあてはめたものを図2に示す。

(2) AHP 階層図の構築

評価目的を、「地下通路の重要度」とし、評価項目には、都市整備の検討項目である、「既存地下施設の有効利用」「公共施設接続」「商業地域接続」「業務地域接続」「都市軸の形成」の5つを取りあげる。またこれら5つを「施設の結節」「街づくり」の2つの機能に分類し、図3のような構造にまとめる。

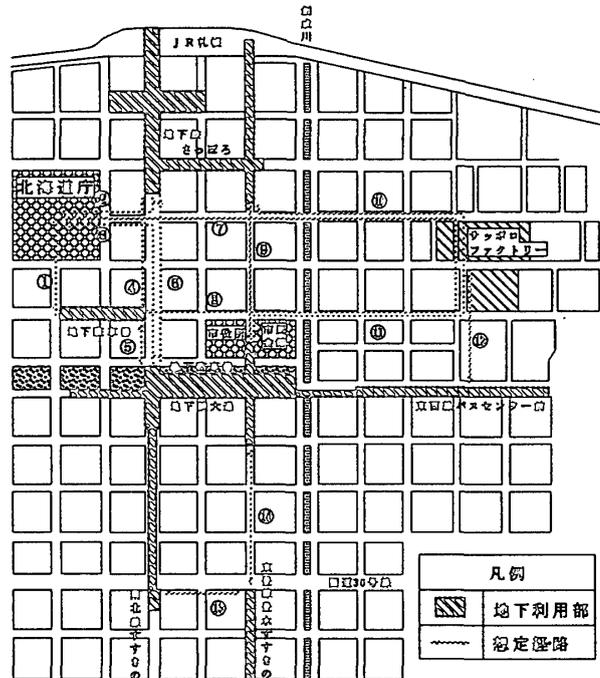


図2 地下鉄通路の想定経路

- ①北1地下P-道庁周辺
- ②南北線札幌-道庁周辺
- ③南北線大通-道庁周辺
- ④南北線札幌-北1地下P
- ⑤南北線大通-北1地下P
- ⑥南北線札幌-南北線大通
- ⑦道庁周辺-再開発地域
- ⑧北1地下P-再開発地域
- ⑨東豊線札幌-東豊線大通
- ⑩東豊線札幌-再開発地域
- ⑪東豊線大通-再開発地域
- ⑫バスセンター前-再開発地域
- ⑬すすきの-豊水すすきの
- ⑭東豊線大通-豊水すすきの

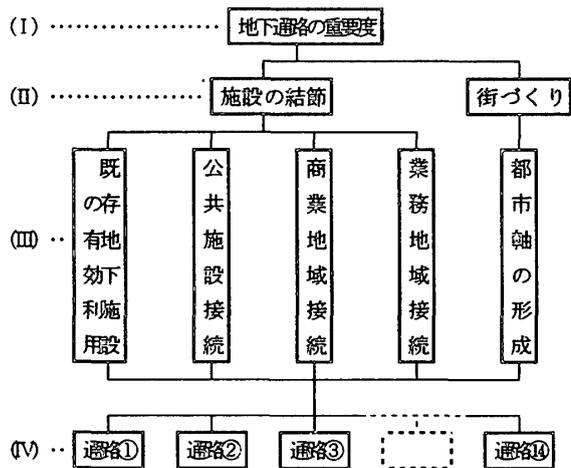


図3 地下通路ネットワーク階層図

能に分類し、図3のような構造にまとめる。なお、代替案としての地下通路ネットワークは、図2に示すように、通路を意味のある経路で分割し、評価の代替案とする。

(3) 評価項目ウエイトの算出

評価項目のウエイトを15名の被験者の一対比較結果に基づき、決定する。レベルIIについては、15名全員の結果を算術平均することによって、全体ウエイトを求め、レベルIIIについては、そのうち、整合度(CI<0.10)のよい10名分の結果を算術平均して評価項目のウエイトとした。

表1 レベルIIのウエイト

被験者	街づくり	施設の結節
1	0.667	0.333
2	0.25	0.75
3	0.25	0.75
4	0.75	0.25
5	0.833	0.167
6	0.25	0.75
7	0.5	0.5
8	0.25	0.75
9	0.75	0.25
10	0.833	0.167
11	0.5	0.5
12	0.25	0.75
13	0.75	0.25
14	0.833	0.167
15	0.75	0.25
平均	0.561	0.439

表2 レベルIIIのウエイト

NO.	地下	公共	商業	業務	CI値
8	0.5	0.167	0.167	0.167	0
10	0.25	0.25	0.25	0.25	0
15	0.264	0.519	0.102	0.116	0.0382
14	0.564	0.263	0.055	0.118	0.039
13	0.059	0.386	0.386	0.169	0.0511
5	0.386	0.223	0.293	0.098	0.0511
4	0.173	0.395	0.3	0.132	0.0511
11	0.554	0.126	0.248	0.073	0.0658
1	0.069	0.452	0.302	0.178	0.0868
3	0.057	0.374	0.425	0.144	0.0868
2	0.183	0.183	0.317	0.317	0.1031
6	0.566	0.233	0.153	0.049	0.1292
7	0.137	0.313	0.313	0.238	0.1581
9	0.3	0.173	0.458	0.068	0.1648
12	0.187	0.369	0.362	0.082	0.2493
CI<0.1	0.2876	0.3155	0.2528	0.1445	

(4) 各評価項目からみた代替案評価及び総合評価結果

評価得点は各経路について1~9点で付け、表3のように設定した。これによる総合評価結果を表4に示す。

(5) 評価結果の考察

南北線さっぽろ一大通間(⑥)の評価は、MN評価およびN評価で評価値が高い。東部

表3 各経路についての評価得点

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
地下施設	5	7	7	9	9	9	4	3	9	4	3	6	9	9
商業地域	2	3	4	8	8	9	6	6	8	5	5	7	7	8
公共施設	9	9	9	7	7	7	6	5	8	5	5	5	7	7
業務地域	7	7	7	7	6	9	4	4	6	3	3	4	3	4
都市軸形成	2	2	3	6	4	8	9	9	7	8	8	5	2	7

表4 代替案の総合得点

	MM評価		N評価		MN評価	
	評価値	順位	評価値	順位	評価値	順位
①北1地下P-道庁周辺	0.748	11	0.357	14	0.200	12
②南北線札幌-道庁周辺	0.748	11	0.389	13	0.200	12
③南北線大通-道庁周辺	0.770	10	0.459	11	0.300	11
④南北線札幌-北1地下P	0.821	6	0.670	6	0.600	4
⑤南北線大通-北1地下P	0.778	9	0.544	9	0.400	10
⑥南北線札幌-南北線大通	0.865	3	0.810	1	0.723	1
⑦道庁周辺-再開発地域	0.900	1	0.751	2	0.522	5
⑧北1地下P-再開発地域	0.900	1	0.726	4	0.444	8
⑨東豊線札幌-東豊線大通	0.850	4	0.741	3	0.700	2
⑩東豊線札幌-再開発地域	0.800	7	0.663	7	0.458	7
⑪東豊線大通-再開発地域	0.800	7	0.651	8	0.422	9
⑫バスセンター前-再開発地域	0.634	14	0.524	10	0.464	6
⑬すすきの-豊水すすきの	0.734	13	0.400	12	0.200	12
⑭東豊線大通-豊水すすきの	0.843	5	0.718	5	0.593	4

再開発地域への都市軸方向の経路(⑦、⑧)は、MM評価で高い評価となっている。バスセンター前-再開発地域間(⑫)の経路はMM評価では最下位であるが、MN評価では6位と上位に位置している。

4. 新幹線駅選定問題への適用

北海道新幹線は基本ルートが公表され、現在、駅等に関する検討が行われている。新幹線札幌駅は、JR在来線との接続や、まちの顔としての新幹線駅の存在から考えると、現JR札幌駅に併設とするのが妥当とも考えられるが、一方、工事費の面から考えると、西部地区への選定が有利であり、また、駐車場用地、交通渋滞の発生など自動車アクセスについては、現札幌駅以外の方が有利な面がある。そこで、この問題に非加法的ウエイトを用いたAHPを適用する。

(1) 階層図の作成

評価項目を8項目とし、7つの新幹線駅候補地(JR札幌駅、JR新琴似駅、JR苗穂駅、JR

桑園駅、地下鉄手稲東駅、JR 琴似駅、地下鉄大通)を代替案として、図4に示す階層図を作成した。

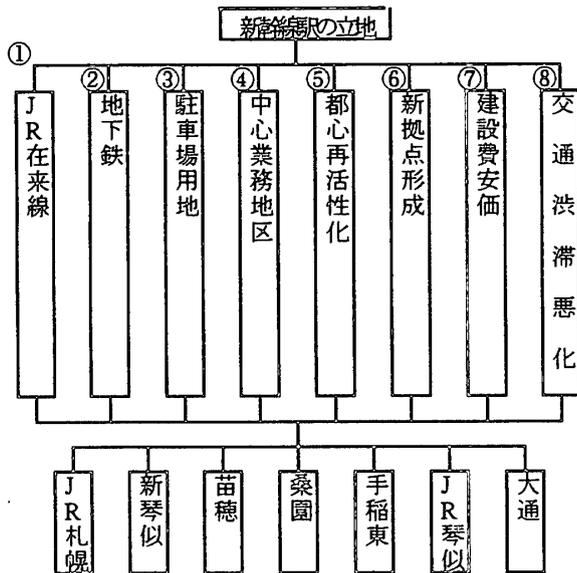


図4 新幹線駅選定問題階層図

(2) 評価項目ウエイトの算出

評価項目ウエイトについては、関係者、北海道民の意見を反映させる観点から、アンケート調査を実施し、その結果から算出することとした。項目間のウエイトの算出は、選択割合(2項目選択の合計)を項目間のウエイトとすることとした。この結果、図5に示す項目間のウエイトを得た。

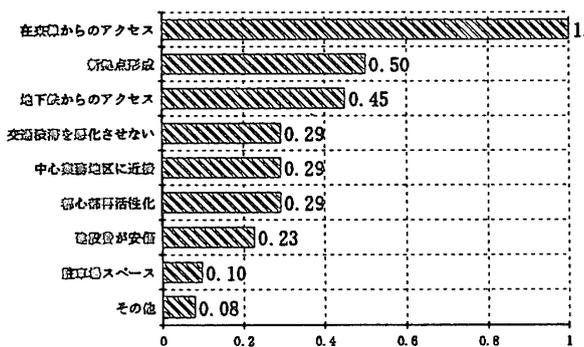


図5 評価項目ウエイト

(3) 各評価項目からみた代替案の評価及び総合評価結果

アンケートの集計結果及びその他のデータを参考にし、有識者5名により、各代替案について各評価要因ごとに得点評価を行った

(表5)。総合評価結果は図6の通りである。

表5 総合評価結果

	JR在来線	地下鉄	駐車場用地	中心業務地区	都心再活性化	新拠点形成	建設費安価	交通渋滞悪化
札幌駅	9	7	1	9	8	1	3	1
新琴似	3	3	2	3	3	6	2	5
苗穂	5	1	7	5	5	4	2	3
桑園	5	1	8	5	4	3	6	3
手稲東	1	4	4	1	1	7	9	8
琴似駅	4	2	3	4	3	6	7	5
大通	4	9	1	9	9	1	1	1

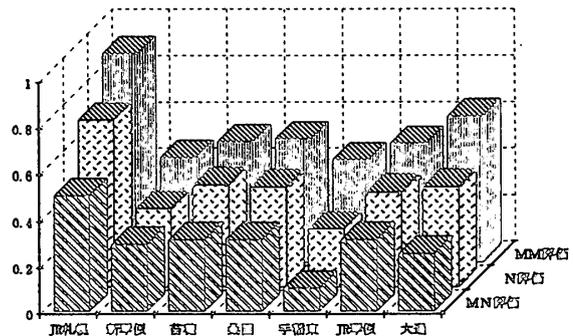


図6 総合評価結果

(4) 評価結果の考察

どの評価方法の場合においても札幌駅の評価が高い。これは JR 在来線からのアクセスを重視する意見が非常に強かったためである。苗穂駅は欠点が少ないことが評価されN評価、MN評価において JR 札幌駅につぐ評価を受けている。これは JR の工場用地の有効利用が可能なのが評価が高かった要因の一つである。

5. おわりに

本稿においては、ファジイ測度を用いて、AHPによる評価方法の改善を行うことにより、不確実性を考慮して、従来の平均的値による評価に加え、長所重視的、短所重視的評価を可能にし、より多様な評価が可能となったことを定式化の過程及び二つのケーススタディへの適用を通して示した。

参考文献

- 1) 市橋秀友：最大値を1とする重要度の基準化について，5th Fuzzy Symposium,1989年6月