

AHPにおける重要性尺度の適当性についての検討

THE EVALUATION OF APROPRIATENESS FOR SCALING IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

張 崎 * ・ 西村 昂 **

By ZHANG Qi, Takashi NISHIMURA

1. はじめに

階層分析法(AHP)は評価手法の一つとして、多くの分野で応用され、交通選好評価への有効性も報告されているが、しかし、それによる評価の結果はその基礎となる重要性尺度に直接に関係がある。そのため、実際へ適用する場合、その適当性についての検討が必要だと思う。今まで提案された重要性尺度は多いが、そのような尺度の適当性かどうか、人間の選好意識をどの程度に反映できるかという重要性尺度の評価問題はまだまだ多くは論じられていない。本研究はAHP手法が実際応用への適当性を検討するために、その重要性尺度を中心として、展開を試みる。ここでは、主に実際調査に基づいて、人間が重要性程度間の関係に関する判断意識を非線形計画モデルで表し、重要性尺度の適当な範囲を求めるのを通じて、重要性尺度の適当性を検証する方法を提案する。さらに、人間の判断に基づいた重要性尺度の求め方も提案する。最後に、交通選好評価への実際応用を通じて、この手法の適当性を検証することにした。

2. AHP手法の概要

AHP手法はアメリカの Saaty¹⁾ 教授が提唱した今は広く応用されている多様な評価基準における意思決定手法である。その主な手順は次のようである。

(1) AHP手法の手順

- a) 複雑な問題を評価目的、評価基準と代替案によって、階層構造に分解する。
- b) 階層の各レベルの要素をすぐ上のレベルの各要

素(評価基準)から見て、一対比較し、重要性尺度によって判断行列を作る。

- c) 各一対比較行列の固有ベクトルの計算とその整合度指標の検定及びウェートの合成などを通じて、評価結果としての総合ウェートを求める。

(2) 重要性尺度と整合度指標

AHPにおける重要性尺度は「重要性に関する定性的表現」を定量化したもので、人間の判断意識を定量的に反映するものである。整合度指標は人間の意識判断行列の整合度を検定する評価指標である。それは意識判断の論理性と重要性尺度の適当性に直接に関係がある。一般的に、よく使われているのはC.I.(Consistency Index)、C.R.(Consistency Ratio)という二つの評価指標である。その値は小さいほど、整合度が高い。一般的に、それは0.1より小さいと、その判断行列は有効だと見られる。

3. 重要性尺度に関する評価手法の提案

重要性尺度は重要性程度を定量化したものととして、客観的に人間の判断意識を反映すべきであろう。そのため、一つの評価方法として、重要性尺度の適当性は人間自身によって評価すべきであろうと思う。そこで、本研究はこの基本的な考えから、人間自身の判断意識に基づいて、重要性尺度の適当性を評価する方法を提案することにする。

(1) 重要性に関する判断関係のモデル化

重要性尺度は「重要性に関する定性的表現」を定量化したものであるから、それぞれの重要性程度に対して、その対応的な定量値は何であるか、その間の関係はどういうふうであるか、この問題は重要性尺度の一番基本的な問題である。それは正しいほど、人間の選好意識を適正に反映できる。それはAHP

キーワード 計画手法論、システム分析、意識調査分析、交通計画評価

* 学生員、後期博士課程、大阪市立大学工学部土木工学科

(〒558 大阪市住吉区杉本町3丁目3-138 TEL(FAX) 06-605-2731)

** 正 員、工博、大阪市立大学工学部土木工学科

の適用において、直接に判断行列の整合度指標に反映する。そこで、本研究はこの基本的な問題から手に入れて、重要性尺度の評価と求め方を検討する。しかし、一般的に、人間に直接的に重要性程度間の関係を精確に判断させるのは難しいため、ここでは、重要性程度の組合せの関係を事前に設定し、その関係に対して、対応する重要性程度の範囲を判断させ、さらに、そのような判断関係に基づいてモデル化することにする。

a) 重要性程度に関する判断関係の設定

AHP手法では、一般的に、重要性に関する定性的表現が表-1のようである。

表-1 重要性尺度

重要性程度	同程度	やや重要	かなり重要	非常に重要	極めて重要
対応ベクトル	1	3	5	7	9

注) 2, 4, 6, 8 はそれぞれ重要性程度間の程度に対応する。

各重要性程度に対応する定量値を求めるために、まずその相互間の関係を明確にしなければならない。このような関係を求めるために、表-2のような判断表を設定することにする。

表-2 重要性程度関係判断表

ある項目間にもし①は②よりある程度重要、②は③よりある程度重要なら、①は③よりどのような程度重要であるか、下表で設定したペアについて、その程度の上限、下限を判断してください。				
① やや重要 ②		(下 限)	(上 限)	
② やや重要 ③		① [] ③	~ ① [] ③	
① やや重要 ②				
② かなり重要 ③		① [] ③	~ ① [] ③	
...				
① 非常に重要 ②				
② 非常に重要 ③		① [] ③	~ ① [] ③	

b) 重要性に関する判断関係のモデル化

上述の判断関係をモデル化するために、次のような非線形計画モデルで表すことができる。

上限目標関数: 【MIN】 $F_n(X_n(i, j) - X_i \cdot X_j)$

下限目標関数: 【MIN】 $F_m(X_i \cdot X_j - X_m(i, j))$

s. t. $X_m(i, j) \leq X_i \cdot X_j \leq X_n(i, j)$

$X_k \leq X_{k+2}$

$X_{s-1} \leq X_s \leq X_{s+1}$

$X_1 = 1$

$X_9 = P$

ここで: X_i : 重要性程度 i に対応する変数である。

$i \leq j, i, j \in \{3, 5, 7\}$

$X_m(i, j), X_n(i, j)$: $X_i \cdot X_j$ という

関係に対応する判断の下限と上限の変数

である。($m(i, j), n(i, j) \in \{3, 4, \dots, 9\}$)

$k \in \{1, 3, 5, 7\}$

$s \in \{m(i, j), n(i, j)\}$

$m(i, j), n(i, j) \in \{4, 6, 8\}$

P : $i = 9$ に対応する設定値である。

$F_q(L): L \rightarrow \text{MIN}$ の関数である。($q = m, n$)

上述の非線形計画モデルの計算を通じて、人間自身の判断に基づく重要性程度の上限、下限曲線が得られ、重要性尺度の評価範囲を求められる。特に、人間の判断の的確度が高いほど、上、下限曲線の差が小さくなり、評価の的確度が高くなると言える。

(2) 重要性尺度の評価と求め方

上述の非線形計画モデルによって、重要性尺度に対する評価の範囲曲線が得られる。さらに、重要性尺度の適当性についての検証ができるようになった。適正な尺度として、人間の判断意識を客観的に反映し、人間の重要性に関する判断の关系到合わなければならない。そのため、評価範囲によって評価すると、適当な尺度はその評価範囲から遠く離れないはずである。一般的に、評価範囲の平均値曲線は人間の判断意識を総合的に反映するものであるから、その平均値曲線に近いほど、且つ、人間の判断関係にふさわしいほど、その尺度は適当だと考える。そして、そのような平均値曲線を中心として、ある適当な関係式で模擬すると、適当な重要性尺度が求められる。

4. 交通経路選択への適用

(1) 実際調査:

ここでは、交通経路の選択について、次のように
 実際調査を行った。

- a) 選好要因として、時間、費用、便利、信頼性、
 快適性という五つの要因を設定した。
- b) 大阪市住吉区矢田、公園南矢田（一丁目）の住
 民の難波への買い物トリップのケースで、A.近
 鉄、B.地下鉄、C. JR、D. バスという四つの代
 表交通手段の選択について調査を行った。
- c) 調査方式として、論理関係が明確、論理判断し
 やすく、整合度指標が高くなる三角型調査表²⁾
 の形式で行った。
- d) 重要性程度に関する判断意識の調査を行
 うとした。

(2) 重要性尺度：

ここでは表-3に示した重要性尺度を用いて、実
 際計算した。

表-3 重要性尺度関係式^{注1)}

重要性程度	同程度	やや重要	かなり重要	非常に重要	極めて重要	関 係 式
普通尺度	1	3	5	7	9	K
指数尺度	1	1.732	3	5.196	9	a^{k-1} ($a = 9^{1/8}$)
分数尺度	1	1.286	1.8	3	9	$9/(10-k)$
模範尺度	1	1.353	1.945	3.28	9	$5.4/(10.4-k^2)$

注) 2, 4, 6, 8 はそれぞれ上述の重要性程度の間の程度に対応する。

(3) 重要性尺度の評価曲線

上述の非線形計画モデルによって、重要性程度に
 関する判断意識の調査結果についての総合計算を通
 じて、図-1のような上限と下限曲線及びその平均
 値曲線が得られた。これによって、表-3に示した
 重要性尺度の適当性の様子が分かる。

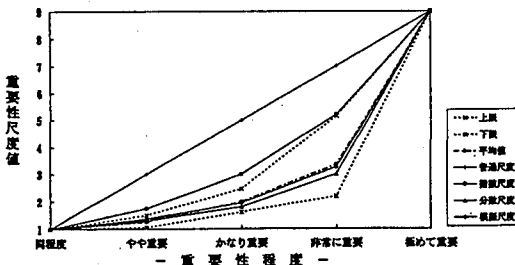


図-1 重要性尺度曲線比較図

(4) 重要性尺度の適当性

表-3の重要性尺度で交通経路選択の事例につい
 ての実際計算を通じて、表-4のような重要性尺度

の適当性に関する評価結果が得られた。

表-4 重要性尺度の適当性に関する評価指標

重要性尺度	判断行列有効率(%)		整合度指標総合平均値		経路選択順位適中率(%)	
	C.I.有効率	C.R.有効率	C.I.平均値	C.R.平均値	首位選択	経路順位
普通尺度	77.1	77.6	0.065	0.070	87.5	73.4
指数尺度	94.8	94.0	0.026	0.028	89.1	78.1
分数尺度	97.1	96.4	0.021	0.023	90.6	79.7
模範尺度	97.1	96.6	0.020	0.021	90.6	81.3

評価指標の説明：

重要性尺度の適当性は直接に判断行列の整合度指
 標に関係がある。一般的に整合度指標がよいほど、
 そのような尺度は人間の判断意識を適正に反映でき、
 適当だと言える。そのため、ここでは、判断行列の
 整合度指標を主として、重要性尺度の適当性を評価
 する。

- a) 判断行列有効率：整合度指標（C. I.、C. R.）が
 有効な判断行列の数は全体の判断行列数に占め
 る比率である。
- b) 整合度指標総合平均値：すべての判断行列の整
 合度指標（C. I.、C. R.）の平均値である。
- c) 経路選択適中率：交通経路の選択について、各
 被験者の判断によって算出した結果が、その事
 前に選択した結果と適中する数は全体のサンプ
 ル数に占める比率である。（首位適中率：第一
 位に適中する比率である。順位適中率：選択順
 位に全部適中する比率である。）

(5) 重要性尺度の評価分析

非線形計画モデルによって得られた評価曲線から
 評価すると、適当な尺度はその評価範囲に近づくべ
 きである。図-1の曲線から見ると、普通尺度はそ
 のような評価範囲から遠く離れて、それは人間の選
 好意識をあまりよく反映できないと考えられる。指
 数尺度はその評価範囲の上限に近く、分数尺度はそ
 の評価範囲の中であって、平均値曲線に近いことを
 示している。このことは指数尺度と分数尺度は一般
 的に、人間の選好意識を比較的に反映できると考え
 る。特に、分数尺度の方はより適当そうである。そ

注1) ① 重要性尺度を統一に検証するために、本研究ではPを9とした。
 ② 本研究での模範尺度は $F(K)=1/(\alpha+\beta \cdot K^2)$ という関係式で、重
 要性尺度の特点 ($F(1)=1, F(9)=P$) によって、最小二乗法を通じ
 て、評価範囲の平均値曲線を模範して得られたものである。

これらの適当性をさらに検証するために、実際計算で得られた表-4の評価指標で明確に説明できる。これらの評価指標から見ると、普通尺度が一番悪い評価指標を示し、指数尺度と分数尺度は高い評価指標を示し、特に分数尺度の方がさらによいことと示す。また、評価範囲の平均値に近づく模擬尺度の方は一番高い評価指標を示している。それは、適当な模擬関係曲線を選んで、人間の選好意識をよりの確に表現した結果と考える。上述の分析によって、重要性尺度の適当性に関する評価において、曲線による評価と実際計算による評価は同じような結果になった。これは非線形計画モデルによる評価手法は重要性尺度の適当性に関する一つの評価手法として、適当で、有効だと考え、特に人間の重要性程度間の関係に関する判断意識の的確度が高いほど、もっと有効だと考えられる。

(6) 交通経路選択の結果分析

交通経路選択の結果として、図-2は住民達が交通選好要因の順位についての選択率を示し、図-3は交通経路の選択順位について、模擬尺度による計算結果とその事前の予選結果の比較曲線を示す。表-5は住民達の総合的な選択傾向を表す総合ウェートを示している。

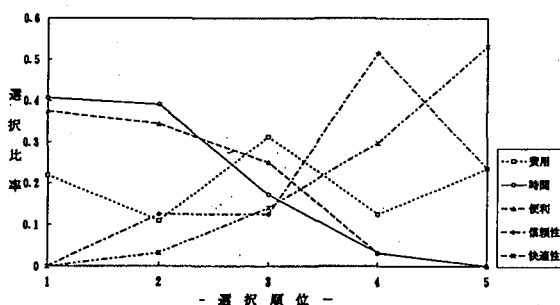


図-2 交通選好要因選択順位曲線図(矢田地区)

これらの図表から見ると、住民達が交通選好要因についての総合的選択順位は時間、便利、費用、信頼性、快適性で、交通経路の選択順位は経路B、A、C、Dだと示している。調査される地区は交通がやや不便な所であるから、時間と便利という要因の選好が強くなって、費用などはその次になったことがわかった。上述の結果から見ると、AHPによって計算した結果はその事前の選択結果と近いことを示

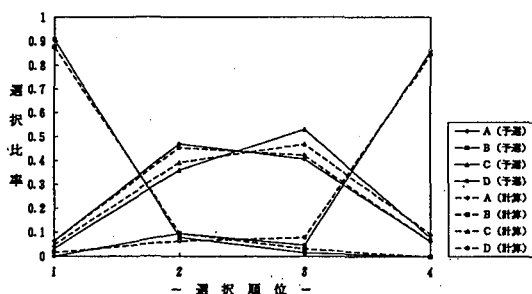


図-3 交通経路選択順位曲線比較図(矢田地区)

し、住民達の選好意識をよく反映することがわかった。それによって、AHP手法は一つの評価手法として、交通選好評価への適用において、有効で、適当だと考えられる。

表-5 総合ウェート比較表

総合ウェート	交通選好要因					交通経路			
	費用	時間	便利	信頼	快適	A経路	B経路	C経路	D経路
普通尺度	0.170	0.348	0.315	0.090	0.077	0.217	0.515	0.182	0.088
指数尺度	0.187	0.312	0.292	0.111	0.098	0.233	0.456	0.202	0.109
分数尺度	0.200	0.275	0.265	0.138	0.123	0.244	0.397	0.221	0.138
模擬尺度	0.198	0.281	0.270	0.132	0.118	0.242	0.405	0.219	0.134

5. おわりに

本研究はAHP手法が実際へ適用する場合、その基礎となる重要性尺度を中心として展開し、非線形計画モデルによる重要性尺度の適当性を評価する手法を提案した。そして、交通選好の事例を通じて、その適当性と有効性を説明した。また、AHP手法を実際へ適当に応用するには、適正な重要性尺度の選定は人間の選好意識を正確に反映し、正しい評価結果が得られる重要な要件だと考えられる。今後の課題として、AHP手法における重要性尺度の適当性と適用面について、さらなる検討を進めたい。

参考文献

- 1) Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting, resource allocation, McGraw - Hill, 1980
- 2) 張 崎、西村 昂、日野泰雄: 交通選好評価へのAHP方法の適用に関する一考察、平成7年度関西支部年次学術講演概要、土木学会関西支部