

ファジィモデリングによる地方交通施設整備の生活環境改善への影響評価*

An Evaluation of a Local Traffic Facility Construction on the Improvement
of Living Environment Using Fuzzy Modeling*

加賀屋 誠一**・菊池 慎也***

By Seiichi KAGAYA** and Shinya KIKUCHI***

1 はじめに

建設省はその道路整備の長期構想において、活力ある経済活動に支えられたゆとり社会の実現のために基本的方向を1)豊かな生活の実現、2)活力のある地域づくり、3)人・自然にやさしい環境の形成の主要課題において整備の推進を図っている。その内容には、円滑なモビリティの確保、安全なモビリティの確保などと共に、快適な生活環境の創造、高規格幹線道路を中心とした交流ネットワークの充実、地域集積圏の形成などがあげられている。さらに、地域振興施策の支援、地球温暖化の防止、自然環境との調和などの環境の保全と形成も含まれている¹⁾。

ここでは、道路整備の多様性が指摘されると共に、地域社会とそれを構成する住民に、より身近な生活空間としての道路施設整備の姿勢がみられている。このように道路整備を生活空間の量的・質的改善と関連づけることは生活環境の量・質を高めることの中心的役割を自らに課しているといえる。このように考えると道路整備に伴う地域への多様な影響を計測する方法の確立も益々必要性を増してきている。すなわち生活環境全般に対する道路整備効果の新たな評価方法が必要となってきているのである。ここでは、地方道路の整備が、整備対象地域の生活環境改善にどの程度寄与しているかを地域住民の認識構造評価によって検討する方法を提案し、今後の道路施設整備の支援システムへの活用を考察することを目的とする。

住民の認識構造は、正確な表現をしようとすれば非常に複雑で非確定的な性質を持っている。したがって

*キーワード：整備効果計測法、意識調査分析、環境計画

**正員、学博、北海道大学工学部土木工学科(060 札幌市北区北13条西8丁目、TEL011-706-6210,FAX011-726-2296)、

***Ph.D.,Dept. of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, Delaware 19716,TEL 302-831-2657,FAX302-831-3640)

そのような主観システムを構築するとすれば人間が自然言語で表現する場合のようなあいまいな情報を的確に表現できる要約能力を必要とする。すなわち、主観的なシステムを内包するシステムは、もともと多義性、あいまい性、蓋然性、無知性などを要約的に表現する能力をもっていなければならない²⁾。ここで採用した様相性ファジィモデリングは、特に、現象あるいは事実を可能的から、必然的までの人間が持つ主観の広範な様相に着目して、要約能力を高め、人間の価値判断過程を忠実に再現するモデルであるといえる。ここで可能的とは、実行可能な程度や達成の容易さなどの認知に関係するもので僅かであれ認知性が存在する場合の様相を表す。また、必然的とは、確実に起こりうるものあるいは認められるものの様相を表す。

2 検討方法と対象地域

(1)検討方法と手順

地方道路整備がもたらす地域への影響は、一般的に次のような変化として把握される。

a)整備効果としては、経済や効率といった直接的側面のみではなく生活レベルの向上をもたらす間接的な効果が期待されその把握が重要である。

b)具体的に計測可能な効果よりはむしろ、心理的な質的効果が期待されそのことが地域活性化への役割を果たす。

c)道路整備によって道路騒音、交通事故などそれまでになかったデメリットも明確に現れてくる。

d)今後期待される道路整備のあり方も、単一目的の達成ではなく、総合的な目的を持つことが期待される。

以上のような視点に着目し、地域住民の認識構造を把握し、それらの意識情報を要約する方法として様相性ファジィモデリングの適用を考えた³⁾。そのモデルは具体的には可能性、必然性とその中間的測度で計測された意思決定者(住民)の主観的評価³⁾をもとにその認識構

造の決定を行なう方法である。その手順は、図1に示される⁴⁾。

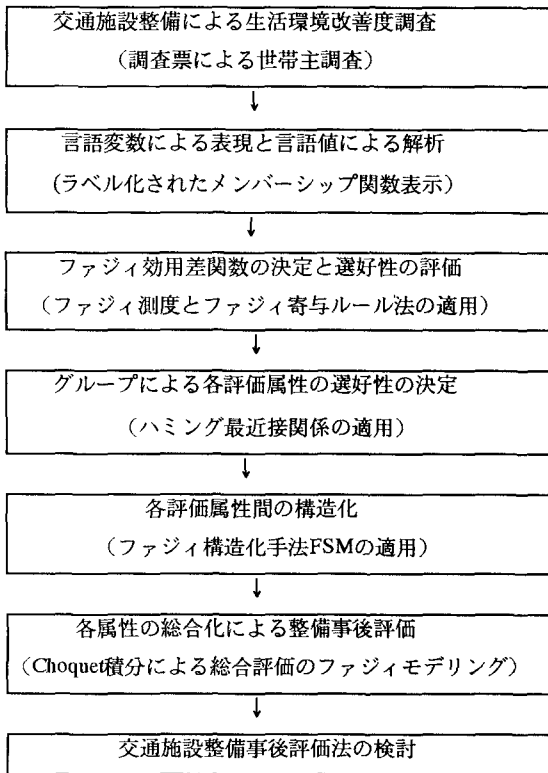


図1 検討方法と手順の概要

- i)ここでは、いくつかの評価項目によって交通施設整備に関わる改善度、および地域の生活環境に及ぼす影響を調査した。評価項目は、地域改善度評価項目として、あらかじめ17項目選び、そのいくつかの組み合わせも同時に考えた。そして被験者である住民に素質問として分類的（選択肢）質問をした。
- ii)それらを言語変数として定義し、5種類のラベル表示の言語値を用いそれぞれの言語変数の部分集合ラベルとした。これをファジィ効用値として定義する。
- iii)これらのファジィ効用値をそれぞれ1対の評価項目ごとに、拡張原理（ファジィ代数）によって差をとりファジィ効用差関数を作成する。また、効用差の判定を各評価属性間との選好関係に対応させるために寄与ルール法を導入する。ここではファジィ測度での効用差—選好強度の写像で定式化を行っているので、ファジィ寄与ルール法(Fuzzy Contribution Rule-FCR)として定義する。
- iv)iii)で得られた選好関係を集団に拡張する。ここでは個人の各項目ごとの効用差関数の中間値を求めることに

よって、集団効用差関数が定義される。得られた集団効用差関数は、ファジィ寄与ルールによって選好性が評価される。ここでは、2つの項目間での選好性を判断するファジィ効用差が正か負かを見極めるためには、その差を認識するための可能性から必然性への様相を適用する。これがファジィ測度での主観計測の考え方である。v)算定された寄与ルール値の大小を相対的な選好強度として、各評価属性間との構造化をファジィ構造化手法(FSM)によって行う。

vi)さらに、各属性の効用の総合化による整備事後影響評価を行なう。ここでは、Choquet積分によるファジィモデリングを適用する。

vii)最後に、ここで用いられた交通施設整備による改善度・生活環境満足度評価の結合による評価結果について考察検討をする。

なお本手順では、ファジィ効用差関数の定義、従来の方法からファジィ寄与ルール法への拡張、グループ効用評価、Choquet積分での相乗・相殺効果評価法などここで新たに開発を試みたものである。

(2)対象地域と交通施設整備

本研究の対象地域は、北海道滝上町である。滝上町は紋別市と旭川市を結ぶ国道273号沿線にあり人口4,499人(1990年)の畑作と林業が中心の町である。また、対象となる交通整備施設としては、滝上町—上川町を結ぶ国道273号浮島トンネルで1984年に開通した。同トンネルの開通により、滝上町、紋別市から、近隣中核都市旭川市へのアクセスが大きく改善された。トンネル開通での周辺地域の変化を示すと以下ようになる。

- i)国道273号浮島峠を利用する交通は整備直後から年々着実に増加している。図2は整備前後の交通量の変化を表したものである。その結果整備前後で、約200%の増加がみられている。
- ii)表1は整備前後の走行距離と所要時間の短縮状態を、通常時(無雪期)と冬季(積雪期)の場合で表したものである。ここでは、整備後紋別—旭川間で26.7 km 32分、滝上—旭川間で6.9 km 11分の短縮が図られ、冬季間においては、それぞれ39分、72分の短縮がみられた。特に、冬季間滝上—旭川間で大幅な短縮がみられたのは、峠の通年利用が確保できたためである。
- iii)短縮時間と交通量から直接便益として走行便益と時間便益を概算すると前者は11億円、後者は6億4千万円とな

る。

iv)地域産業への影響として最も大きい効果は、観光入り込みであり、特に滝上町では、整備直後40%、5年後90%と著しい上昇がみられる。

v)一方悪影響としては、交通事故の増加がみられた。すなわち、整備前5年間の人身事故が5.75件/年であったが、整備後の平均は、15.2件/年であった。その件数は、年を追うごとに増加の傾向がある。

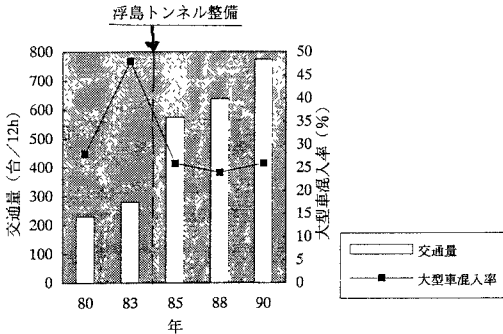


図2 交通量の推移

表1 トンネル整備による走行距離・所要時間の短縮

区間	通常時(無雪時)		冬季(積雪時)	
	走行距離	所要時間	走行距離	所要時間
	(km)	(分)	(km)	(分)
紋別～旭川	6.9	11	26.7	39
滝上～旭川	6.9	11	44.4	72

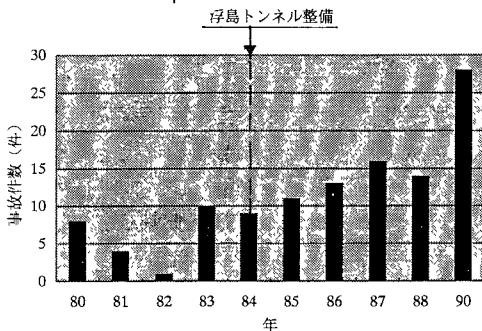


図3 交通事故(人身事故)の推移

このように、整備効果や問題点は、直接的効果として多義的に捉えられるが、ここではそのような直接的な道路施設改善と共に間接的質的な地域住民に対する影響を評価することが主たる目的である。ちなみに、直接的な効果とその認識との関係については、相互のハイブリッドなシステム構築も行われている⁵⁾。ここでは住民の効用評価をベースにした道路施設整備の評価方法を以下の

議論で検討する。すなわち住民の道路施設整備に対する評価が生活環境全般への影響に波及しているという仮定に基づき、議論を進める。住民の生活環境評価要因の枠組みとして、次のようなものを考える。

- i)一般交通条件改善による生活環境に関わる影響評価
- ii)交通施設整備による生活環境関連項目重要度

調査は、前述した滝上町内に住む世帯主122名を無作為に選び、調査票を用いて行なった。ちなみに、標本数は95%信頼度で精度が±0.08であり、一般の統計調査に比べ精度がやや粗いといえるが得られた回答をファジィ数としてあらかじめある程度大きな幅をもつものとしている。ここではファジィ測度が標本数が少なくてもその結果に意味を持つことも合わせて検討していく。

3 本システムのアルゴリズムと考え方

(1)交通施設整備による生活環境改善度調査

ここでは、それぞれの質問選択肢を5段階のラベルの言語変数を用い、それらの言語値をファジィ数に近似して表す。例えば、改善度評価の場合、「非常に良かった」、「まあまあよかった」、「変わらない」、「かえって悪くなった」、「非常に悪くなった」の5段階の修飾子付ファジィ記述形容詞(言語値)を用いる。

実際の質問から得られた結果は言語値まで拡張原理によってファジィ代数演算を行ってもよいが、より弾力的な演算ができるように以下のようにファジィ数化し三角型メンバーシップ関数で表す。例えば、上記の改善度を表す関数は、以下ようになる。

- Very good(a_i, k)=[4,5,5] (非常に良かった)
- Fairy good(a_i, k)=[3,4,5] (まあまあよかった)
- not good and not bad(a_i, k)=[2,3,4] (変わらない)
- fairly bad(a_i, k)=[1,2,3] (かえって悪くなった)
- very bad(a_i, k)=[0,1,1] (非常に悪くなった)

ただし(1)の[]内はそれぞれ三角形の[下限値、中央値、上限値]を表す。またここで a_i は評価項目、 k はサンプル番号を示す。ちなみに、ファジィ数の導入は、記述形容詞のあいまい性に幅とその帰属性を考慮したことである。したがって、ここでの三角型メンバーシップ関数は、各整数の意味する範囲の限界までをとることにした。

(2)ファジィ効用差関数とファジィ寄与ルール法

寄与ルール法は、樫木等によって開発された合意形成や代替案評価のための方法である⁶⁾。ファジィ寄与ル

ル法は、人間の主観性を計画情報として導入するための、浅い知識や直感的な情報の忠実な数学的表現が可能なファジ理論と意思決定者グループの集団的効用総和を算定し、その大小によって選好構造を決定する寄与ルール法を結合したもので、より弾力的な意思決定情報を与えることができる。ここでは、各集合の構成要素の選好構造を求め、各質問回答の全体構造を検討するのに用いる。今、各項目の中で、1対の項目 a_i, a_j を考える。意思決定者 k が、集団の選好に寄与する量を表す関数 \tilde{C}_m^k (contributive function) を用いてその選好性を次のように定義する。

$$a_i R a_j \quad \text{iff} \quad \tilde{C}_m^k(a_i, a_j) \geq 0 \quad (2)$$

$$\tilde{C}_m^k(a_i, a_j) = \tilde{u}_m^k(a_i) - \tilde{u}_m^k(a_j) \quad (3)$$

ここで、 $a_i R a_j$ は、意思決定者 k にとって、 a_i は、 a_j より好ましいか、同程度に好ましいことを表し、ファジ連結律とファジ推移律を満足する。

$\tilde{C}_m^k(a_i, a_j)$ は、意思決定者 k の a_i の a_j に対する効用差すなわち選好強度を示す。すなわちこれは、意思決定者 k が a_i に対して持つファジ効用 $\tilde{u}_m^k(a_i)$ と a_j に対して持つファジ効用 $\tilde{u}_m^k(a_j)$ の差の関数である。これらのファジ効用値は、(1)で示した意思決定者の言語値で表現されるものであり、(3)式は通常ファジ代数(拡張原理による)で算出される。また選好強度が正か負かを計測するファジ測度を、 $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ と表すこととすると(4)が得られる。

様相性は、関数 $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ が、どの程度 $C_m^k(a_i, a_j) \geq 0$ の条件を満たす領域にあるか否かで判定される。効用差関数を表したのが、図4である。

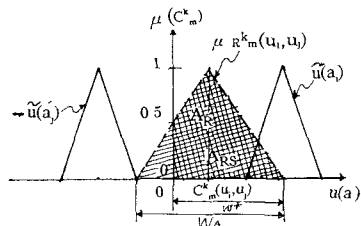


図4 効用差関数の算定
(単一意思決定者[住民]の場合)

ファジ測度は人間の思考過程を最も忠実に表す測度であると考えられる。(ここでは可能性から必然性までの幅を持った計測値をとる。) ファジ測度の様相による違いを図5に表す。

$$\mu_{R^k_m}(a_i, a_j) = \mu_R(C_m^k(a_i, a_j)) \quad (4)$$

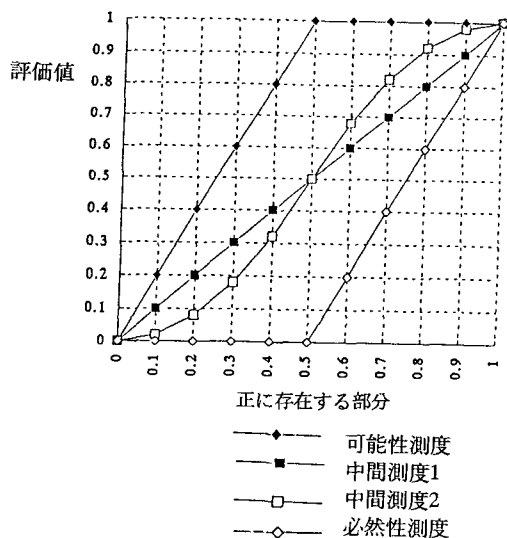


図5 様相性の違いによるファジ測度による評価
可能性測度、必然性測度は(5)、(6)によって決定される。また2つの中間測度は(7)、(8)によって示される。

$$\text{可能性測度: } \Pi(R) = \sup(\pi_{RS}(C_m^k(a_i, a_j)) \wedge \mu_{R^k_m}(a_i, a_j)) \quad (5)$$

$$\text{必然性測度: } N(R) = \inf(1 - \pi_{RS}(C_m^k(a_i, a_j)) \vee \mu_{R^k_m}(a_i, a_j)) \quad (6)$$

ただし、 $C_m^k(a_i, a_j) \geq 0$ のとき $\pi_{RS}(C_m^k(a_i, a_j)) = 1$

$C_m^k(a_i, a_j) < 0$ のとき $\pi_{RS}(C_m^k(a_i, a_j)) = 0$ である。

$$\text{中間測度 1: } a_j = w + W_A \quad (7)$$

ただし W_A は図4における効用差の全範囲、 w は正の部分の範囲を表す。

$$\text{中間測度 2: } c_{ij} = (A_{RS} \cap A_R) \text{の面積} / A_R \text{の面積} \quad (8)$$

ただし A_{RS} は効用差関数 $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ が正の領域に占める面積、 A_R は $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ が占める全面積を示す。

(3) グループファジ選好関係の決定

上述のファジ効用差関数および選好関係決定を示すファジ測度は、単一意思決定者に関する議論である。次に複数意思決定者のグループの選好関係を定義することとする。意思決定者グループでの選好関係は各メンバー間の選好関係の中の最近接ファジ関係を見つけることで決定される。実際には拡張原理に基づくファジ代数で平均値を求め決定する方法が厳密解と考えられるが、ファジ代数の場合、意思決定者の数が多ければ多いほどその定義域が広がり、実際の選好関係を決定する

には現実的ではない。したがってここでは、各意思決定者の選好関係を表す効用差関数を小さいものから順に配列しその中で中間値(median)となる関係をグループの代表値と定義する。そのアルゴリズムについては、以下のようなになる⁵⁾。

今、q人の意思決定者をそれぞれメンバー1,メンバー2,...,メンバーqとし、それぞれのファジィ関係を簡略的に $\mu_{R^1_m}(a_i, a_j), \mu_{R^2_m}(a_i, a_j), \dots, \mu_{R^q_m}(a_i, a_j)$ のように表しそれらの最近接ファジィ関係を $\mu_{R^N_m}(a_i, a_j)$ とすると、その関係は(9)によって得られる。

$$\mu_{R^N_m}(a_i, a_j) = \min_R \sum (\mu_{R^m}(a_i, a_j), \mu_{R^k_m}(a_i, a_j)) \quad (9)$$

ここで $\mu_{R^m}(a_i, a_j)$ は任意の意思決定者の項目mでのファジィ選好関数、 $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ は意思決定者kの項目mでのファジィ選好関数を表す。(9)によって一般的な最近接ファジィ関係を定めることができるが、具体的な方法は次の(10)に示す中央値で代表させるプロセスをとる。すなわち、まず次のように各自のファジィ選好関数を昇順に並べ替えを行う。

$$\mu_{R^1_m}(a_i, a_j) \leq \mu_{R^2_m}(a_i, a_j) \leq \dots \leq \mu_{R^q_m}(a_i, a_j)$$

次に最近接ファジィ関係を次のように定義する。

$$\left. \begin{aligned} \mu_{R^N_m}(a_i, a_j) &= \mu_{R^k_m}(a_i, a_j) \\ & \left. \begin{aligned} & (\text{もし } q \text{ が奇数の時 } k=(1/2)(q+1) \text{ として}) \\ \mu_{R^N_m}(a_i, a_j) &= 1/2 (\mu_{R^k_m}(a_i, a_j) + \mu_{R^{k+1}_m}(a_i, a_j)) \\ & (\text{もし } q \text{ が偶数の時 } k=(1/2)q \text{ として}) \end{aligned} \right\} (10) \end{aligned}$$

この方法によって、集団のファジィ選好関数が選択され、ハミング最近接関係を求めたことになる。

(4)FSMによる選好性のグラフ構造

FSM法は、ファジィ従属関係マトリクスを基本とし、いくつかの抽出した要因の階層化を行ない、階層間ならびに、階層に属する要因間の従属関係を決定して、それをグラフ表現することを目標にした方法である。ここでは、(3)で得られた関係の強さによって、マトリクスを決定する。すなわち、ファジィ従属マトリクスの場合の各要素は、図5に示すように可能性測度と必然性測度の間に定義された様々な値をとることができる。得られたマトリクスの各要素は、選好性を求める要因(項目)の一方が他方に従属する「らしさ」の強さである。この場合、関係の強さに閾値を設けることによって、その序列関係を決定する。閾値は、任意にとることができる

が、閾値を高くすると各項目間の独立性が強くなり、相互の関連性が弱まる。ファジィ構造化は、その方法において2値データでの構造化と類似している。しかしながら、集合の領域に幅があることからその範囲を設定することによって、補集合の影響が変わり、関係の強さも変化する。したがって、閾値pと補集合を決定する範囲を表すパラメータ λ_c を定めることによって関連構造が決定される。FSMは選好構造をその結合の強さ(閾値pと補集合決定パラメータで表される)によって変化させ、解釈しやすくしたものであり、ISMの拡張型といえる。

(5)Choquet積分による総合評価法

一般に、複数の項目を有するシステムに対する評価を行なうとき、項目間の相乗性や相殺性のために総合化において、加法性では説明できない結果があらわれる。すなわち、個々の項目における評価を単に加えても総合の評価値を推測できない場合である。このような場合は、加法性条件を緩和し、単調性のみによって結合される総合化のアプローチが必要である⁷⁾。ファジィ測度は、そのような単調性のみによって定義される測度であるから、その測度分布を利用した総合化がその手段の1つとなる。ファジィ測度によるファジィ積分の方法がそれを可能にしている。ここでは、ファジィ積分の1つとしてChoquet積分を導入し検討する。

(X,A,g)をファジィ測度空間、fをX上の非負実数値可測関数とする。fの一般ファジィ測度gに関するChoquet積分は(11)で定義される。また $f(x_i)$ は評価基準 x_i に対する評価値を表しているともいえる。

$$(C) \int f dg = f(x_n)g(A_n) + [f(x_{n-1}) - h(x_n)]g(A_{n-1}) + \dots$$

$$\begin{aligned} & + [f(x_1) - f(x_2)]g(A_1) \\ & = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - f(x_{i-1}))g(A_i) \end{aligned} \quad (11)$$

ただし、 $A_i = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_n\}$, $A_0 = \emptyset$

ここでは、(11)での $g(A_i)$ に重要度の評価値を(3)によって導きだし、 $\mu_{R^k_m}(a_i, a_j)$ の大きさにより相対的重みを算出した。この積分法を用いて、ファジィ総合評価を検討する。

4 交通施設整備に伴う生活改善度評価と考察

交通施設整備に伴う、地域住民の生活改善度の評価項

目としては、表2のような17項目を選択した。ここではそれらの項目の独立性を特に問わず、評価はファジィ測度によって行うものとした。また、ファジィ構造化(FSM)に用いるしきい値 μ は、いくつかの組み合わせの中から最も解釈のしやすかった0.5を採用しており、補集合を決定する係数 λ は0.05を用いて、計算を行なっている。ここではファジィ寄与ルール法で得られた効用差関数をファジィ測度で評価、さらにハミングの最近接関係によって集団の選好性を評価することとする。

表2 交通施設整備に伴う生活改善度評価項目

項目	記号
買い物など日常生活の利便性	A
医療施設への通院や救急医療	B
近隣地域への接近性	C
観光レジャー地域への便	D
業務や出張の便	E
芸術・スポーツ・教育などの便	F
歩行者の安全性	G
冬季走行時の安全性	H
走行時の快適性	I
自動車公害の軽減	J
自然環境の保全	K
景観・風土の保全	L
風雨・豪雪等の災害に対する安全性	M
まちの産業の活性化	N
観光などの振興	O
まちの清潔さ	P
まちの治安	Q

はじめに全サンプルのデータを用いて、各測度の違いによる構造の同定を行う。表3は全体の場合の、4つの測度の違いによる選好構造を表したものである。これによると、可能性測度が最も選好序列がよく現れており、逆に必然性測度は、選好序列の識別が明確でない。すなわち様相による特性がそれぞれの測度評価によって明らかになった。

表3 ファジィ測度の違いによる構造同定

評価測度	改善度項目の選好順序
可能性測度	B>D=A>C=E>O>I>N>H>F=M>L>P>Q>K>G=J
中間測度1	A=B=C=D=E=O>I=H=N=F=M>K=L=P=Q=G=J
中間測度2	A=B=C=D=E=O>I>H=N>F=N>K=L=P=Q=G=J
必然性測度	A=B=C=D=E=O>I=H=N=F=M>K=L=P=Q=G=J

次に、表4は、中間測度2をファジィ測度として用いて構造同定を行った結果である。ここでは全体の場合と、各世代による違いを検討したものである。

これをみると、トンネル整備評価として、医療施設への通院や救急医療、観光レジャー地域への接近性、買物

などの日常生活の利便性、業務出張の便、近隣地域への接近性、観光などの振興を強く最も上位にあげている。次に、快適性、走行時の安全性、まちの産業の活性化などをあげている。また、一方、歩行者の安全性、自動車公害の軽減がそれに比べ低い評価である。トンネルの開通による交通量の増加と、その事故への影響を危惧していることが現われている。

また、年齢別の選好順位をみると、高齢層では、医療施設への利便性が向上したとする反応が高いが、若年層では、業務や買い物などの日常生活の利便性に高い評価を与えていることがわかる。道路整備評価に対する世代の違いが明確に現れている。

表4 交通施設整備による生活改善度選好順位

年齢構成	選好順位 (>は優越性、=は無差別性)
全体	A=B=C=D=E=O>I>H=N>F=N>K=L=P=Q>G=J
26-40歳	E>A>D>C=I>B>O>F>H=N>M>J=L>P>Q>G>K
41-50	D>B>C>A=E>O>I>N>F>M>H>P>L>J=K>Q>G
51-65	B>D>C>E=O>A>I=N>F>H>M>P>Q>K=L>G=J
66歳以上	O>B>D>A>C>E=N>I>M>H>L>P>Q>K>F>G>J

5. 地域に与える交通施設整備の総合的影響評価

ここでは、3.(4)で論じたChoquet積分による総合評価法で、トンネル建設とその効果の評価を行なってみる。われわれの主観に依存する総合評価は、加法性のみで評価できない面があることをすでに論じてきた。ここでの評価関数は、加法性の概念の代わりに、単調性すなわち包含性(入れ子)に基づいて作成される。実際の調査結果の例を紹介すると、全体での評価がトンネルの通行ができたことにより、非常に良くなったと評価を与えている。例えば、通常の場合でその点数を5点満点とすると、約4.7点が与えられる。個々の評価項目では、最もよいと評価された項目でも、約4.4点であり、総合評価値は、平均点ではないことがわかる。すなわち、それぞれの評価に相乗効果が働いており、それらの相乗効果を計測する方法がここでは必要になる。

しかしながらその相乗性を厳密に把握するには、ここで選択された17項目の相互の組み合わせでは $2^{17}=131,072$ のケースの評価が必要となる。現実的にはそのような検討は難しいのでここでは、各評価項目の組み合わせ効果の大きいものを調査によって抽出し、その結果を総合

評価値として導入することとした。

算定に当たって用いた条件は、以下に示す。

1)交通施設整備を評価する項目は、生活改善度17項目とする。また、相乗効果が考えられる組み合わせについては、5つまで選択させ、記入する方法を採る。

2)各項目の重視度は、得られた交通条件の変化によっての期待度から、ファジィウェイトとして計算し、それらを小さい順に項目を並べかえる。組み合わせは、ウェイトの高いもの5つを組み入れた。

3)評価基準を決定する関数は、それぞれの項目のグループ最近接ファジィ関数とする。

算出されたウェイトは、次のようになる。

[H,M,I,J,{I,H,M},L,Q,K,C,G,D,{C,D},A,P,F,O,N,B,E,{N,O},{A,B},{B,E}]→[0.039,0.078,0.122,0.135,0.166,0.214,0.262,0.314,0.373,0.434,0.482,0.499,0.565,0.633,0.704,0.778,0.852,0.926,0.938,0.957,0.980,1.000]

表5 評価項目の評価得点(メンバーシップ値)

項目記号	地域全体	年齢1	年齢2	年齢3	年齢4
H	0.56	0.50	0.54	0.59	0.58
M	0.55	0.50	0.48	0.55	0.59
I	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
I,H,M	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64
J	0.45	0.44	0.44	0.48	0.41
L	0.48	0.45	0.48	0.49	0.53
Q	0.47	0.43	0.42	0.50	0.51
K	0.45	0.37	0.44	0.49	0.50
C	0.69	0.62	0.70	0.68	0.65
G	0.43	0.60	0.39	0.48	0.45
D	0.68	0.63	0.71	0.70	0.68
C,D	0.69	0.68	0.74	0.70	0.69
A	0.67	0.67	0.69	0.67	0.67
P	0.51	0.44	0.51	0.54	0.52
F	0.55	0.52	0.58	0.60	0.49
O	0.66	0.58	0.64	0.68	0.73
N	0.59	0.50	0.59	0.62	0.63
B	0.69	0.60	0.70	0.73	0.70
N,O	0.70	0.65	0.69	0.69	0.75
A,B	0.72	0.70	0.73	0.71	0.72
E	0.67	0.69	0.69	0.68	0.63
B,E	0.70	0.72	0.73	0.72	0.71

注) 年齢1 ; 26-40歳、年齢2 ; 41-50歳、
年齢3 ; 50-65歳、年齢4 ; 65歳以上

また地域全体および年齢グループごとに計算した評価項目の評価値のメンバーシップ値を、表5に示す。

これらを用いて積分を行なった結果を表示すると、表6のようになる。

表7は、各グループで調査結果から得られた、直接の総合評価値である。これらの結果を考察すると次のようなことが明らかになる。

表6 C hoquet積分による総合評価結果

グループ種類	可能性測度	必然性測度	中間測度
地域全体	0.72(0.69)	0.65(0.55)	0.66(0.60)
年齢1	0.72(0.69)	0.55(0.48)	0.68(0.62)
年齢2	0.72(0.70)	0.62(0.52)	0.68(0.62)
年齢3	0.76(0.73)	0.65(0.55)	0.70(0.63)
年齢4	0.77(0.72)	0.65(0.55)	0.68(0.60)

注) グループ種類は表6の注と同じである。また()内は、組み合わせを考慮しない場合の値である。

1)可能性測度を用いた場合、各評価項目の、最も大きな評価値に近接した値となる。また必然性測度を用いた場合、各評価項目の基準の平均値に近似している。

2)可能性・必然性測度の差は、地域全体の一部を構成する各年齢グループの方が地域全体の場合より大きい。これは、グループとしての意見の安定性に依存しているものと考えられ、可能性・必然性の様相を考えても妥当な結果といえる。

3)実際の調査による総合評価値(中央値)と様相性モデリングでえられたメンバーシップ値を比較すると、調査による評価値の方が全体的に大きめである。これは、評価値相互の相乗性の影響と考えられるが、モデリングでは、若干の組み合わせによる評価が残っているため、やや過小に計測されていると考えられる。これは、いくつかの組み合わせを導入した場合の評価値の上昇分を見ても明らかである。いずれにしても今回の交通施設の1つとしてのトンネル整備での総合評価は、相乗効果を含んでいることが明らかになった。

表7 調査で得られた総合評価値

グループ種類	ファジィ評価値		
	下限値	中央値	上限値
地域全体	0.62	0.74	0.85
年齢1	0.57	0.72	0.87
年齢2	0.56	0.70	0.84
年齢3	0.67	0.76	0.84
年齢4	0.67	0.76	0.84

注) グループ種類は上表と同じである

6.まとめと考察

以上、交通施設整備の効果を住民の生活環境との関連性で検討したが、次のような点で、従来の方法が改善されたと考える。i)従来この種の総合評価は、個々の属性

の線形結合によるモデルが中心であったが、単調性の結合により、属性の独立性の検証なしでモデル構築ができた。ii)意思決定者(住民)がもともと持つ意見の幅を考慮した様相性の概念を導入することで、思考プロセスに忠実な再現性が可能となった。すなわち、人間の主観的な判断は人間の持つ可能性と必然性の間での許容幅の中で検討すればよい。iii)様相性ファジィモデリングは、われわれが持つあいまい性、特に総合評価に関わるプロセスの弾力性を直接モデル化することで、従来のモデルの独立性の問題や、パラメータの意味付けなどが必要なくなったといえる。

今回の検討は、その第1歩に過ぎないが、今後、より柔軟なシステムの構築、項目の組み合わせの影響相乗、相殺効果等でのデータ加工の方法などいろいろ工夫していきたいと考えている。

最後に、研究発表会で有益なコメントをいただいた広島大学奥村誠先生に深甚なる謝意を表する次第である。

7.参考文献

- 1)建設省編：平成5年度建設白書。
- 2)D.Dubois and H.Prade:Unfair doings and necessity measures:towards a possibilistic interpretation of histograms,Fuzzy Sets and System 10,pp15-60,1983.
- 3)室伏俊明、菅野道夫：ファジィ測度入門III、日本ファジィ学会誌、Vol.3 No.2,pp250-262,1991
- 4)加賀屋誠一、菊池慎也；可能性理論に基づくファジィ意思決定の地域整備効果評価への適用、土木学会北海道支部論文報告集、pp789-794,1992.
- 5)加賀屋誠一：ファジィシステムによる道路粉塵影響の地域診断と改善策評価法、土木計画学研究・論文集、土木学会、No.6,pp81-88.
- 6)榎木義一他：集団意思決定のための支援システム、オペレーションリサーチ、No.11,pp39-46,1991
- 7)室伏俊明、菅野道夫；ファジィ測度入門V,日本ファジィ学会誌、Vol.3 No.4,pp49-58,1991.

ファジィモデリングによる地方交通施設整備の生活環境改善への影響評価

加賀屋誠一(北海道大学)・菊池慎也(デラウェア大学)

地方交通施設整備は、地域住民に対する多様な生活レベルに影響を与える。特に、過疎地域での道路整備は、生活環境水準を高める働きが大きい反面、交通の安全性や環境保全へのデメリットも考慮しなければならない。

ここでは、交通施設整備による生活環境改善度。生活環境満足度を計測するためにそれらの寄与要因を抽出し、地域住民の主観的評価によってファジィモデリングの構築方法を考えた。主観的評価は、住民それぞれが持つあいまい性や、主観性を表現するために、ファジィ測度で計測される。また、ファジィ測度による評価は可能性から必然性までのゆらぎを考慮しながら検討する方法を考えた。それらの検討方法と手順は、実際にトンネル建設による地域間の交通アクセスの改善を対象として実証的にその妥当性が確かめられた。

An Evaluation of a Local Traffic-Facility Construction on the Improvement of Living Environment Using Fuzzy Modeling

Seichi Kagaya and Shinya Kikuchi

The new local transportation facilities provide a lot of influences on the multi-level of regional inhabitants' lives. The road improvement in depopulated areas, in particular, contributes to the promotion of level of living services. On the other hand, the demerits on the traffic safety and the environmental preservation should be evaluated. In this study the first aim is to construct the method in terms of fuzzy modeling which evaluates the subjective notion on the various factors of living environment. Such factors provide the degree of improvement and degree of satisfaction on the living environment in terms of the transportation facility improvement such as the improvement of access from depopulated areas to a local kernel city. The subjective values are indicated by the fuzzy measures in order to assess the vagueness which the inhabitants possess. The evaluation examined by several measures with the range from the possibility measure to the necessity measure. The accuracy of the proposed method and procedure were verified by the case of an actual construction of the tunnel for the improvement of the accessibility among the local towns.