

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**

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を推進することを図っている。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と共に、地域振興施策の支援、さらに地球温暖化の防止、自然環境との調和などの環境の保全と形成などが含まれている¹⁾。ここでは、道路整備の多元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社会空間整備としての道路整備の姿勢がみられている。今後、道路整備に伴う、地域への効果を計測するためには、生活環境因子への道路整備の貢献度に着目した、新たな評価方法が必要となる。道路整備を社会空間の量的・質的改善と位置づけることと、生活環境の量・質を高めることは、今後の主要な社会基盤整備の考え方になるであろうし、道路整備においても、今後益々重要になってくると考えられる。そこでここでは、地方道路の整備水準評価を、生活環境項目の改善の状態によって検討する方法を提案し、今後の整備のあり方についての考え方をその住民の意識評価から論議するものとする。

主観システムを内包するシステムは、非確定的な性質、すなわち、多義性、あいまい性、蓋然性、無知性などの様相を表現できるものでなければならない²⁾。

ここでは、それらの様相を評価するためのファジィモデリングを考える。ここでの採用した様相性ファジィモデリングは、特に、事実のあり方として可能的であるか、現実的であるか、必然的であるかという主観の揺れる様相に着目して、人間の価値判断を表現するモデルであるといえる。

2. 検討方法と対象地域

(1) 検討方法と手順

様相性ファジィモデリングは、具体的には、可能性と必然性といった様相概念³⁾を用いた測度による評価を行なう方法である。その手順は、図1に示される。

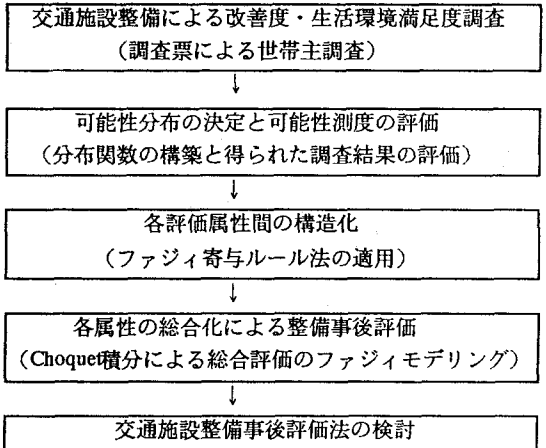


図1 検討方法と手順の概要

i)ここでは、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、広範な評価を行なうことを目的とした。評価項目は、地域改善度評価項目として、17項目とそのいくつかの組み合わせ、また、生活環境評価項目として、15項目選択し、3ないし5段階の言語変数を用い、回答者にたずねた。

ii)これらは、可能性分布と、実際の回答の対応から得られたファジィ測度によって、いくつかの様相として評価された。

iii)また、ファジィ測度によって得られる評価値を効用値と考え各評価属性の重要度の選好関係をファジィ寄与ルール法を用いて決定する。

iv)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考えた。

v)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。

(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。また、交

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、北海道大学大学院地球環境科学研究科(060 札幌市北区北10条西5丁目、TEL011-706-2283,FAX011-747-9780), **Ph.D., Dept. of Civil Engineering, University of Delaware(Newark, Delaware 19716, TEL 302-831-2657, FAX 302-831-3640)

通施設としては、滝上町ー上川町を結ぶ国道273号浮島トンネルである。同トンネルのもたらす効果については、滝上、遠軽町から、近隣中核都市旭川市へのアクセスが、大きく改善された。そこで、ここでは、住民の生活環境への影響として評価するものとする。それらの評価項目は、大別して次のようになる。

i)利便性・保健性・接近性・娯楽性・公害性・安全性などに関わる具体的改善度

ii)現在の生活環境に関わる満足度

iii)一般交通条件改善による生活環境に関わる影響評価

iv)道路環境整備の重要項目

それらの項目の調査は、前述した町内に住む世帯主122名を無作為に選び、調査票を用いて行なった。

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、あるいは3段階の言語変数を用い、それらの記述形容詞をファジィ数に近似して表す。例えば、改善度の場合、「非常に良い」、「まあまあ良い」、「変わらない」、「かえって悪い」、「非常に悪い」の5段階のファジィ記述形容詞を用いる。

(2)可能性理論によるファジィ寄与ルール法

ファジィ寄与ルール法は、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ィ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 C_k (contributive function)を用いてその選好性を次のように定義する。

$$a_i R a_j \quad \text{iff } C_k(a_i, a_j) \geq 0 \quad (1)$$

$$C_k(a_i, a_j) = u_k^i(a_i) - u_k^j(a_j) \quad (2)$$

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、ファジィ連結律とファジィ推移律を満足する。

$C_k(a_i, a_j)$ は、意思決定者 k の a_i の a_j に対する選好の強度を示す。また選好強度が正であるファジィ測度は、ファジィ数を用いて、 $\mu_{Rk_m}(a_i, a_j)$ と表すこととすると(3)が得られる。

$$\mu_{Rk_m}(a_i, a_j) = \mu_R(C_k(a_i, a_j)) \quad (3)$$

ここでは効用差関数から得られる関係の強さをファジィ測度で評価するものとする。さらに、これらの効用差関数は、単一意思決定者の定義であるが、意思決定者グループでの集団の選好関係は、各メンバーの選

好関係の中の最近接ファジィ関係を見つけることで、それ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、拙論文を参照されたい⁴⁾。

(3)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指した方法である。

ここでは、ファジィ寄与ルール法で得られた関係の強さによって、マトリクスを決定する。特に、ファジィ従属マトリクスの場合の各要素は、可能性と必然性の間に定義された、中間的測度である。すなわち、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。

(4)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、先述したように、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。このような場合は、その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⁵⁾。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。すなわちファジィ測度によるファジィ積分を行なうこと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積分を採用し、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(4)で定義される。

$$(C) \int f dg = \sum_{i=1}^n (r_i - r_{i-1}) g(A_i) \quad (4)$$

ただし、 $A_i = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_n\}$, $a_0 = 0$

ここでは、(4)でのファジィ値に可能性測度および必然性測度の期待値を導入し、解く方法を考えた。この積分法を用いて、ファジィ総合評価モデリングを検討する。この方法は、実際例では、トンネル建設後の改善評価の算定や、総合的満足指標の検討に用いられた。

4.交通施設整備による具体的な改善度評価と考察

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1のような17項目と、全体的な評価の調査を行なった。寄与ルール法を回答者全体に適用し選好構造を算定すると、表2のようになる。なおここでの表については、ファジィ測度の著者が定義した中間測度を用い、また、ファジィ構造化(FSM)に用いるしきい値 p は、0.5を採用しており、補集合を決定する係数 λ_c は0.05を用いて、計算を行なっている。

これをみると、トンネルによる効果として、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最も低い効果として評価されていることから、トンネルの開通による、交通量の増加と、その影響を心配していることも現われている。また、年齢別の選好順位をみると、高年齢層では、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。

表1 交通施設整備に伴う地域生活改善度

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

表2 交通施設整備評価の選好順位

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. 地域生活環境満足度評価と考察

次に、地域生活環境満足度評価の結果について示す。ここでの評価項目は、表3の15項目である。

表3 地域生活環境水準評価項目

項目	記号	項目	記号
保健水準	S-1	文化水準	S-9
非公害水準	S-2	福祉水準	S-10
防災水準	S-3	教育水準	S-11
交通・情報水準	S-4	居住水準	S-12
消費水準	S-5	娯楽性水準	S-13
雇用・収入水準	S-6	森林・緑地	
共同・連帯水準	S-7	保全水準	S-14
風紀性水準	S-8	野生動物保護水準	S-15

ここでは、地域生活環境の満足度の交通施設改善に伴う変化件について検討結果を示す。その結果を前述し

たような手順にしたがって、選好構造を決定した。得られた構造を、回答者全体および年齢構成別の構造として表すと、表4のようになる。ここでの演算条件も、4で示したものと同じである。

表4 交通条件改善による生活環境項目の期待度

年齢	選好順位 (番号は項目番号を表す)
全体	1=5=13>3=4=9=10>7=11>2=6=8=12=14=15
26-40歳	13>1=5>9>3=11>4>6=10>7>1=12>8>14>15
41-50	1>5>13>9>3>11>4>10>6>7=8>2=12>15>14
51-65	1>5>13>4=10>3=7>9>11>14>2>6=15>8=13
66歳以上	1>9=13>3>4=10>2=5=8>14>7>15>11>6=12

交通条件が改善することによっての改善の期待度については、まず医療システムの観点から、保健水準の向上、日用品のみでなく、高級品の購入に関わる消費水準、さらに、娯楽性水準などの改善に強い期待度がある。それに比べて、非公害水準や、森林保全水準、野生動物保護水準などは、交通条件の改善によっての期待度は高くない。さらに、年齢別の交通条件の改善による生活環境への期待度であるが、若年層では、娯楽性水準が最も期待できる項目であり、高年齢層では、保健水準、消費水準に期待が最も高い。

6. 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、加法性の概念の変わりに、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、確率的にその点数を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。

実際には、厳密にこのような場合を計測するためには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。したがってここでは、各評価項目の得られた得点と、可能性、必然性の様相性概念との組み合わせによって、その総合評価値を計測することとする。

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)各項目相互の重視度は、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

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],[J,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]

また、得られた評価項目のメンバーシップ値を、全体年齢属性について、表示すると表6のようになる。これらを用いて積分を行なった結果を表示すると、表7のようになる。

表6 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

表7 ファジ積分による総合評価の考え方

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。

表8は、各グループで調査結果得られた、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になる。

- 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、それらのウェイトを100%考慮していないため、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8 調査で得られた総合評価値

グループ種類	ファジ評価値		
	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

7.まとめと考察

以上、交通施設整備の効果を住民の生活との関連性で検討したが、住民の考え方、意見の幅を考慮した、様相性に着目することで、ある程度の有効な方法になることがわかった。人間の主観的な判断を評価するとき、常に、その考え方のすべてを出し尽くす場合と、主要な部分以外は、明らかにされない状況が考えられる。様相性ファジモデリングは、そのような、われわれが持ち合わせている、ある意味での2面性を表示し、常にそれらの様相性からみた意思決定のあり方を情報として提供するものである。そのような人間の思考過程を常に自然な姿でモデル化することに、その有効性も見いだせる。

今回の検討は、その第1歩に過ぎないが、今後、より柔らかなシステムの構築、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。

8.参考文献

1)建設省編：平成5年度建設白書2)D.Dubois and H.Prade:Unfair coins 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：ファジイ測度入門III、日本ファジイ学会誌、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イ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)室伏俊明、菅野道夫：ファジイ測度入門V、日本ファジイ学会誌、Vol.3 No.4,pp49-58(1991).