

# 住区内街路整備の評価のためのファジィ CVM の提案\*

## Development of a fuzzy contingent valuation method to assess amenity improvement of a neighborhood street

桑野 将司\*\* 藤原 章正\*\*\* 張 峻屹\*\*\*\* 李 百鎮\*\*\*\*\*

by Masashi KUWANO\*\* Akimasa HUJIWARA\*\*\* Junyi ZHANG\*\*\*\* Backjin LEE\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

公共事業の実施にあたり説明責任，透明性及び客観性の確保，効率性の一層の向上を図ることが社会的に強く要請され，生態系や景観といった非市場財への影響をも含めた事業効果の適切な算出が必要となっている．そこで，非市場財の持っている価値を貨幣単位で定量的に評価する必要がある，CVM (Contingent Valuation Method) が注目されている．しかしながら，従来の CVM はその評価値の信頼性を問われることが少なくない．

Hohen and Randall<sup>1)</sup> は CV のあいまい性の発生メカニズムに関して，回答者が評価値を回答する時間を制約され，かつ評価対象がなじみのない財の場合，変化後の財の数量を回答者が十分に認識しないと WTP にはあいまい性が発生すると指摘している．しかし，CVM における回答者が持つ意識や WTP に対するあいまい性を抑制する調査手法，あいまい性を取り扱うことのできる分析法は未だ十分に確立されているとはいえない．そこで，本研究ではファジィ理論に基づいた CV 調査及び分析法（以下ファジィ CVM）を提案し，回答者のあいまい性を考慮することを目的とする．更には，ダブルバウンド方式における提示金額への賛否は，提示金額と回答者の持つ事業へのイメージによって決定されるという視点から，回答者の評価構造を考慮したモデルの提案を行う．したがって，本研究はあいまい性を考慮することにより WTP のばらつき程度を抑える研究に属する．加えて，Mitchell and Carson<sup>2)</sup> が指摘するように評価されるアメニティの誤同定がバイアスにつながるとすれば，あいまい性を考慮することでバイアスの修正にもつながることが期待される．

### 2. ファジィ CVM の提案

#### (1) 支払意思額に含まれるあいまい性の計測方法

本研究で取り扱う支払意思額に含まれるあいまい性を以下に示す．

- 回答者が評価対象財の価値を明確に認識できないために生じるあいまい性，
- 回答者が非市場財を貨幣価値に変換する際に生じるあいまい性，
- 回答者が事業内容を十分に認識していないために発生するあいまい性，
- 回答者が認識した価値を支払意思額として表明する際に発生するあいまい性．

通常の CV 調査と同様に，ファジィ CVM においても支払意思額を聞きだすためにダブルバウンド方式を用いる．ただし，支払意思額に含まれるあいまい性を考慮するため，従来の方法では賛成・反対の 2 肢選択の質問方式であるのに対し，ファジィ CVM では賛否に対する回答者の確信の度合いである「賛否度」という概念を用いる（図 1）．賛成・反対の度合いを 5 段階で調査することにより，回答者のあいまい性の程度を測定でき，より回答者の意識を明確に表現できるようになる．

質問  
もし、この計画を行うために、あなたの家計にかかる税金が、毎月 **\*\*円** 上がるとしたら、あなたはこの計画に賛成ですか？それとも反対ですか？あなたの考えに近いもの 1 つに ○ をつけてください。  
この徴収された税金は対象道路の整備にのみ使われるものとします。この計画の実施によってあなたの普段の購入している商品などに使われる金額が減ることを十分に念頭においてお答えください。

	強く反対	←→	やや反対	←→	やや賛成	←→	強く賛成			
賛否度	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5

図 1 ファジィ CVM の質問方式

#### (2) ファジィ CVM の分析方法

提示金額と将来イメージから賛否度を推論する．

#### (a) メンバーシップ関数の設定

評価対象の将来イメージは支払意思額を左右する重

\* キーワーズ：整備効果計測法，公共事業評価法，調査論．  
 \*\* 学生員，修（工），広島大学大学院国際協力研究科  
 (連絡先: 〒739-8529 東広島市鏡山 1-5-1 TEL&FAX:0824-24-6921)  
 \*\*\* 正会員，博（工），広島大学大学院国際協力研究科  
 \*\*\*\* 正会員，博（工），広島大学大学院国際協力研究科  
 \*\*\*\*\* 学生員，修（工），広島大学大学院国際協力研究科

要な要因であり，回答者は将来イメージと提示金額の両方を吟味して賛否度を決定するものと考えられる．そこで，金額と将来イメージを説明変数とし，賛否度の推論を行う．ただし，「金額」「将来イメージ」「賛否度」には前述の4種類のあいまい性がそれぞれ別々の構成割合で含まれていることが考えられるので，3指標ごとに異なったメンバーシップ関数を設定する．

このメンバーシップ関数は回答に幅を持たせ，あいまい性を表現する役割を持っており，メンバーシップ関数の幅が広いほど回答はあいまいであることを意味する．ここでは筆者等の過去の経験と予備分析の結果に基づき，3指標に対していずれも5評点のカテゴリ区分とし三角型メンバーシップ関数を設定する．

(b) 賛否度の推論

まず推論ルールを決定する．評価構造の違いにより回答者を次の ) ) に示す3つの同質グループに分類し，各グループに対応した推論ルールを以下のように定める．また，それぞれの推定ルールには重みを持たせ，各グループがどの要因を重視して賛否度を決定しているかを表現する．

)グループ1 およびグループ2

グループ1は提示金額と将来イメージの両方を考慮して賛否度を決定する．グループ2は将来イメージを重視して賛否度を決定する．これらのグループは，推論ルールは同じだが，ルールの重み  $W, W'$  が異なる．

提示金額と賛否度のルール		$W1, W2$	イメージと賛否度のルール		$W'1, W'2$
金額	賛否度		イメージ	賛否度	
IFとても安い THEN	強く賛成		IFとてもよい THEN	強く賛成	
安い	賛成		よい	賛成	
中くらい	どちらでもない		どちらでもない	どちらでもない	
高い	反対		悪い	反対	
とても高い	強く反対		とても悪い	強く反対	

)グループ3

このグループはお金を払うことに反対するグループである．事業に対する将来イメージはよくても，事業のためにお金を支払うことに反対するグループで，提示金額や将来イメージには関係なく反対する．

提示金額と賛否度のルール		$W3$	イメージと賛否度のルール		$W'3$
金額	賛否度		イメージ	賛否度	
IFとても安い THEN	どちらでもない		IFとてもよい THEN	強く賛成	
安い	反対		よい	賛成	
中くらい	反対		どちらでもない	どちらでもない	
高い	反対		悪い	反対	
とても高い	強く反対		とても悪い	強く反対	

次に合成法則を決定する．

ファジィ述語による if-then ルールを  $A_1 = \text{“とても安い”}$ ,  $A_2 = \text{“安い”}$ ... $A_9 = \text{“反対”}$ ,  $A_{10} = \text{“強く反対”}$ などのファジィ集合によって，

$$\text{If } x \text{ is } A_i \text{ then } y \text{ is } B_i \quad (i=1, \dots, 10) \quad (1)$$

と表す．ここで， $x$  : 提示金額またはイメージ， $y$  : 賛否度， $i$  : ルール とする．

入力を  $x^*$  としたときのルールの適合度  $\omega^*$  を求める．“ $x \text{ is } A_i$ ”に対する入力“ $x \text{ is } x^*$ ”の適合度  $A(x^*)$  は，ファジィ集合  $A$  の  $x^*$  におけるメンバーシップ値として定義される．つまり， $i$  番目のルールの適合度  $\omega_i$  は(2)式で表される．

$$\omega_i = A_i(x^*) \quad (2)$$

次に， $i$  番目のルールによる推論結果を

$$y \text{ is } \omega_i B_i \quad (3)$$

とする．ただし，

$$\omega_i B_i = \omega_i \wedge B_i(y) \quad (4)$$

以上より，全体の推論結果  $B^*$  は，それらの和集合

$$B^* = \omega_1 B_1 \cup \omega_2 B_2 \cup \dots \cup \omega_{10} B_{10} \quad (5)$$

として表される．これはメンバーシップ関数で囲まれた面積と言い換えることができる．

最後に，ファジィ推論の結果を一意的数値  $y^*$  として表す (非ファジィ化) ために，ここではその値に  $B^*$  の重心 (6) 式) を用いる．

$$y^* = \frac{\sum_y B^*(y)}{\sum_y y} \quad (6)$$

(c) メンバーシップ関数の再設定

ダブルバウンド方式の質問では，1回目の回答が「賛成」の場合更に高い金額を2回目に提示するため，1回目の賛否度より2回目の賛否度が高くなることはない．逆に，1回目に反対と回答した場合は，2回目の「反対」の賛否度が1回目よりも高くなることはない．この特徴を生かし賛否度メンバーシップ関数の再設定を行う．つまり，1回目の賛否度のところでメンバーシップ関数を切り，範囲を狭めて2回目の賛否度の推論を行う (図2)．

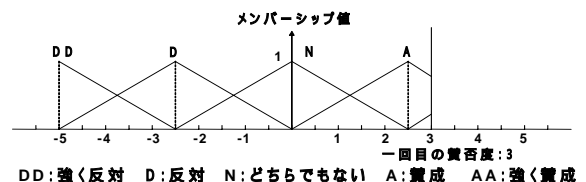


図2 2回目の推論で用いる賛否度メンバーシップ関数

(d) ルールの重みとメンバーシップ関数の決定

ルールの重みとメンバーシップ関数を変化させて以上のステップを繰り返し，賛否度の推論値とアンケート回答値との相関が最も高くなるときの値を採用する．

(e) 支払意思額の算出

以上の各メンバーシップ関数と重みから、回答者の平均賛否度が賛成から反対に移る金額を平均支払意思額として算出する。ここで、ファジィ CVM では、あいまいで幅の持った回答に対し任意の信頼区間を設けることで、その区間における支払意思額を算出することが可能である。例として図 3 に、支払意思額の平均値の算出方法と、50%の可能性でこの範囲で回答すると考えられる範囲の賛否度の上位値と下位値の算出方法を示す。

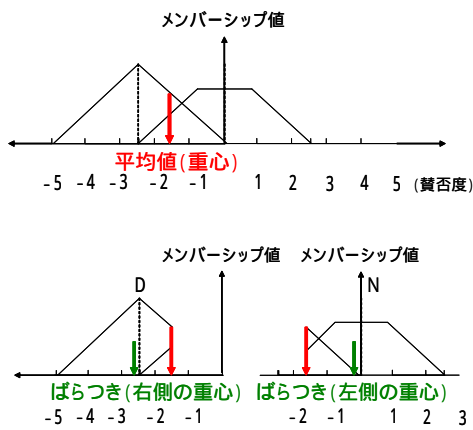


図 3 支払意思額の平均値、上位値、下位値の算出方法

3. アンケート調査

(1) 評価対象

本研究で提案した方法論の有効性を検討するためにアンケート方式による CVM 調査を、島根県大原郡木次町の街路整備計画を対象として実施した。当該道路は、全長約 600m の沿道に商店街が並ぶ住区内街路である。現在は、幅員が狭く十分な道路空間が確保されていない(図 4)。本整備計画では、2 車線ある街路を一方通行にして歩道を確保することで、道路利用者と沿道住民の双方にとっての快適性や安全性の向上と、まちなみの景観の向上を目的としている(図 5)。



図 4 現在の状況



図 5 完成予想図

(2) 調査の概要

2002 年 10 月 27 日から 11 月 9 日に、対象道路を歩いている通行人に声をかけ、路側ブース内でのアンケ

ート調査を依頼した。したがって、被験者には木次町住民(以下、住民)と町外からの来訪者(以下、来訪者)の両方が含まれている。

既述の「回答者が事業内容を十分に認識していないために発生するあいまい性」を極力抑えるために、回答者に図 5 に示すようないくつかの完成予想図を見せ、パソコンによる疑似体験を行った後、アンケートにインタビュー形式で回答してもらう方法をとった。

事業への支払意思額は、住民には「1 ヶ月あたりの税金上昇」、来訪者には「1 回あたりの駐車料金の上昇」という形で質問し、支払意思額を聞き出す方法には、賛否度の概念を加えたダブルバウンド方式を用いた。

さらに「街路が計画通りに整備されたとき、歩行者や自動車の快適性や安心感、まちなみの景観といった街路環境がどのように変化すると思うか?」という将来イメージ(全 9 項目)や個人属性等を尋ねている。

4. ファジィ CVM による推論結果

以下、ファジィ CVM による住民の分析結果についてのみ示す。

住民を対象として、推論結果と回答値との相関が最も高くなる時の推論ルールの重みを表 3 に、またメンバーシップ関数を図 6 にそれぞれ示す。ルールの重み(1>重み>0)は各グループが相対的にどの項目を重視しているかを示している。表 1 より、約半数の回答者が沿道環境に関する要因を重視し支払意思額の判断を行っていることがわかる。また図 6 より、賛否度メンバーシップ関数の幅が、賛成側よりも反対側の方が広いことから、賛成より反対の方が回答の持つ影響力が大きいことがわかる。

表 1 推論ルールの重み(住民)

重み	グループ	1	2	3
金額の重み		0.30	0.04	0.50
自動車に関する要因の重み		0.30	0.30	0.05
歩行者に関する要因の重み		0.30	0.22	0.30
沿道環境に関する要因の重み		0.10	0.44	0.15
グループが全体に占める割合		22%	48%	30%

これらのルールの重みとメンバーシップ関数を用いて算出した住民の支払意思額と賛否度との関係を図 6 に示す。ランダム効用モデルの中央値と同様に、賛成から反対に移る金額を平均支払意思額とすれば、ファジィ CVM による平均支払意思額は 726 円となる。また、上位値及び下位値は図 7 に破線で示す通りであり、支払意思額がいかにあいまい性を含んでいるかわかる。

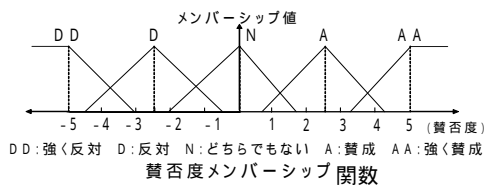
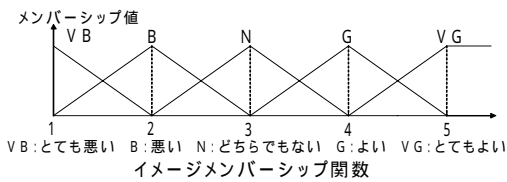
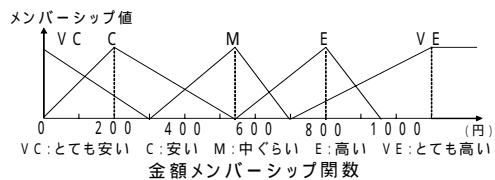


図6 メンバシップ関数の結果(住民)

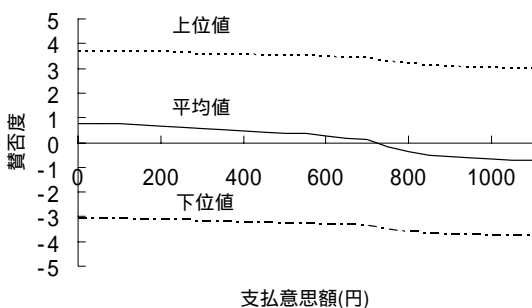


図7 住民の支払意思額と賛否度の関係

### 5. ファジィ CVM の有効性の検討

最適な推定ルールとメンバシップ関数のもとで回答値と推論値の相関係数は、住民：0.83，来訪者：0.86であった。このことより、ファジィ CVM によって推論された賛否度とアンケート回答の賛否度の相関は高いといえる。

表2 事業に対する賛否の再現率の比較

<住民>						
従来方法	推定結果		ファジィ CVM	推定結果		
	(%)	賛成		反対	(%)	賛成
回答	賛成	33	15	賛成	47	1
	反対	14	38	反対	17	35
再現率=33+38=71%			再現率=47+35=82%			
<来訪者>						
従来方法	推定結果		ファジィ CVM	推定結果		
	(%)	賛成		反対	(%)	賛成
回答	賛成	23	11	賛成	29	5
	反対	11	55	反対	4	62
再現率=23+55=78%			再現率=29+62=91%			

また、ファジィ CVM によって推論された賛否度が正なら賛成、負なら反対と変換し、従来方法(ランダム効用モデル)による推定結果と回答値の再現性を比較した(表2)。従来方法では再現率は住民71%、来訪者78%であったのに対し、ファジィ CVM では住民

83%、来訪者91%であり、再現率に関してファジィ CVMの方が有効性は高い。

以上のことから、本研究で提案したファジィ CVM は有効であると考えられる。

さらに、従来方法とファジィ CVM による平均支払意思額の推計値を検討する(表3)。この結果から、来訪者に関しては2つの方法とも平均支払意思額に大きな差はないが、住民の方を見ると、従来方法では平均支払意思額がかなり過小評価となりうることを示唆している。さらにファジィ CVM では住民の支払意思額が来訪者の約4倍を示しており、従来法に比べて相当高い値となっている。

表3 支払意思額の比較

	従来CVM		ファジィ CVM
	平均値	中央値	
住民	177円	355円	726円
来訪者	136円	243円	185円

### 6. 結論

本研究ではまず、従来CVMで用いられる賛成・反対の2肢選択では回答者の支払意思額に含まれるあいまい性を考慮することはできないことから、あいまい性を考慮するために「賛否度」という概念を導入したアンケート票を用いて、ファジィ理論を用いた分析方法を提案した。ファジィ CVM では、支払意思額を決定する際の回答者の思考過程や支払意思額を決定する際に重視する項目を表現することができ、加えて、回答に対して幅を持った評価を行うことができる。更には、ファジィ CVM は従来方法(ランダム効用モデル)と比較しても有効であることを確認した。今後は、更なるモデル精度の向上のために、あいまい性に関する調査方法の改善や、メンバシップ関数やルールの重みの推論方法などによりモデルを改良することが課題である。

### 謝辞

研究の調査を実施にあたり、木次町役場及び(株)イズデックの協力を得た。記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) Hoehn, J. and Randall, A. : A Satisfactory Benefit Cost Indicator from Contingent Valuation, Journal of Environmental Economics and Management, Vol.14, pp.226-247, 1987.
- 2) Mitchell, R. and Carson R. : Using Surveys to Value Public Goods: the Contingent Valuation Method, Resource for the Future, 1989.