

ファジィ効用を用いたレクリエーション施設整備の便益評価

Benefit Evaluation of the Recreation Facility with a Fuzzy Utility

武藤慎一*, 高木朗義*, 上村高大**

Shinichi MUTO*, Akiyoshi TAKAGI* and Takahiro KAMIMURA**

ABSTRACT : When we evaluate effects of infrastructure by the utility theory, it is presupposed that the utility levels of agents are uniquely determined and their behaviors are also uniquely decided. However, considering the actual behaviors of agents, it is clarified that their behaviors are not unique. We think the behaviors on the recreation activity have the much fuzziness. It is necessary to develop the economic model to measure a benefit considered the fuzziness in the behavior of agents. In this paper, we constructed the benefit evaluating model introduced the fuzzy utility. We cleared that the measured benefit is described as fuzzy number, and computed the fuzzy benefit of the recreation facility through the simulation analysis.

KEYWORD : Fuzzy Utility, Benefit Evaluation, The Recreation Facility

1. 背景・目的

最近、社会資本整備において経済的評価の導入が積極的に試みられるようになってきている。ここでは、整備効果を便益により評価しようとしている。その概念は、例えば森杉¹⁾を参考にする、まず効用理論を基礎に一般均衡モデルの構築がなされ、それより整備なしの状態と整備ありの状態との効用水準を計測し、その効用差を埋め合わせるような追加的所得、あるいは支払い意志額によって便益を表現しようというものである。前者が等価的偏差 EV、後者が補償的偏差 CV と呼ばれる概念を用いた定義である²⁾。

このときの理論フレームにおいては、効用という概念が決定的な役割を果たす。例えば、森杉の評価モデルでは、効用は状態が特定されれば一意に決まることが前提とされていた。この効用とは人々の選好を表す指標であり、よって効用が特定されることにより人々の財消費行動も一意に決定されることになっていた。さらに、その効用を用いて表現される便益も結局は一意に決定されることになる。しかしながら、現実の人々の行動を見ると、必ずしもその行動を一意に捉えられないことは確かである。特に本稿で取り上げるレクリエーション行動は、その日の気分によって行動が変わってしまうほどあいまい性を含んでいると思われる、そのような消費者行動を反映した便益評価手法の開発が必要と考えられる。こうした問

題意識は、例えば小林³⁾による、財やサービスの質あるいはその多様性を考慮に入れた消費理論を確立することが重要であるとの指摘にも見られる。

一方、この問題に対する試みとしては、森杉・大野⁴⁾によるランダム効用理論の適用が挙げられる。そこでは、各個人の効用にランダム誤差を導入することで、モデル内での人々の行動を確率的に扱う工夫がなされている。これに対し、効用自体をある幅をもって定義しようという試みも見られる[瀬尾、塚本・高萩]^{5),6)}。ファジィ理論の導入である。特に、塚本・高萩では、経済学におけるあいまい性について整理を行った上で、ファジィ理論を用いた一般均衡理論のフレームを提示している。本研究では、塚本・高萩によって示されたファジィ一般均衡理論を基にファジィ理論を導入した便益評価モデルの開発を試みる。具体的には、便益評価において重要な概念となる効用関数のファジィ化を試み、それが人々の財消費行動ひいては便益計測結果にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。なお、ファジィ理論は、秋山⁷⁾が指摘しているように、既往理論に対して新たな理論を作ろうというのではなく、既往研究の拡張あるいは一般化を図るものである。本稿においても従来の便益評価モデルの枠組みをいかした上で、人々の行動のあいまいさを組み入れることを目指すものである。

* 岐阜大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Gifu University

** 岐阜大学大学院工学研究科博士前期課程土木工学専攻 Department of Civil Engineering, Master Course, Gifu University

2. 便益計測モデルの構築

ここでは、特にレクリエーション(以下 R)施設整備を取り上げて、構築された便益計測モデルを示す。なお本モデルは R 施設整備評価以外の社会資本整備評価へと一般化させることも十分可能である。

2.1 モデルの前提条件

本研究で構築するモデルは、以下のような仮定に基づいている。

- (1) 社会経済は、代表的世帯、企業、R企業、政府の4部門からなる。
- (2) 企業、R企業は、世帯によって提供される生産要素(労働・資本)を投入して利潤を最大化するように財を生産する。生産された財は本モデルの経済システム内の市場へ供給される。
- (3) 世帯は、従来モデルと同様基本的には、時間制約と予算制約の下で効用最大化行動をとっているとす。ただし、後に示すようにその効用についてはファジィ化を試みる。
- (4) 政府は、全世帯から一括税を徴収し、この税金をもとにR施設整備を行う。なおR施設整備事業には合成財が投入されるものとする⁸⁾。
- (5) 市場は、各財市場、労働市場、資本市場の4市場で構成されている。それらは、外部性はなく、個々の経済主体がプライス・テイカーとして行動しているという意味で完全競争的であるとする。

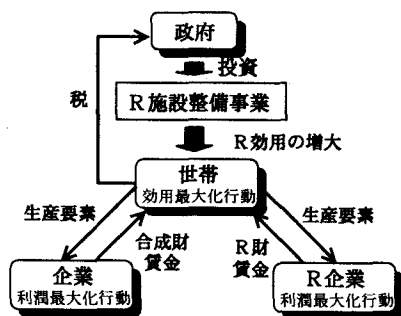


図-1 経済主体の関係図

2.2 ファジィ効用関数を用いた世帯の行動モデル

世帯が効用最大化行動をとると想定する部分は森杉のモデルと変わらないが、その効用関数のフ

ァジィ化を行う。まず、クリスプ(通常)な効用関数について、後の具体的な計算を考えて特定化を行った後、そのファジィ化を試みる。ここでは、通常よく用いられるコブ・ダグラス型関数により特定化を行うと以下のように表される。

$$u = [(z_H)^\alpha (u_R)^\beta (s_H)^\gamma] \quad (1)$$

ここで、 H ：世帯を表す添字、 R ：レクリエーションを表す添字、 z_H ：世帯の合成財消費量、 u_R ：世帯のRサービス消費量、 s_H ：世帯の余暇消費量、 u ：直接効用関数、 α, β, γ ：分配パラメータ。

式(1)をファジィ効用関数 $\tilde{u}$ へ拡張する⁹⁾。

$$\tilde{u} = \tilde{A} [(z_H)^\alpha (u_R)^\beta (s_H)^\gamma] \quad (2)$$

ここで、 $\tilde{A}$ ：ファジィ係数 $[A^-, A^+]$ 。

このファジィ効用関数はクリスプな効用 u に対し、幅を持って表現されていることがわかる。概念的には図-2のように表される。なお、図-2は簡略化のため2財モデルにより表現している。すなわち、ある財の組合せに対して、効用曲面が $[u^-, u^+]$ のように幅を持つことがわかる。

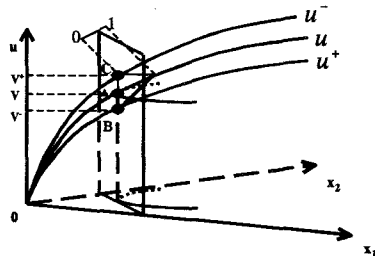


図-2 ファジィ効用関数の概念図(2財モデル)

式(2)のファジィ効用関数を用いて、効用最大化問題を定式化すると、以下のように表される。

$$\max \tilde{u} = \tilde{A} [(z_H)^\alpha (u_R)^\beta (s_H)^\gamma] \quad (3.a)$$

$$s.t. \quad p_M z_H + c_R u_R + w s_H = w L_H + r K_H + \pi_M + \pi_R - \tau_H \quad (3.b)$$

$$T_H = L_H + s_H + x_R t_R \quad (3.c)$$

ここで、 K_H ：世帯の資本保有量、 p_M ：合成財価格、 c_R ：Rサービスの単位費用、 L_H ：世帯の労働供給量、 w ：賃金率、 r ：利子率、 π_M ：企業の利潤からの配当所得、 π_R ：R企業の利潤からの配当所得、 τ_H ：一括税、 T_H ：総利用可能時間、 Ω ：世帯の一般化可処分所得。

式(3.b)と(3.c)は、労働供給 L_H を消去して一つにまとめることが可能である。また、式(3)における u_R はRサービス消費量であるが、これは次節に

て自家生産の概念¹⁰⁾を用いて定式化している。

式(3)を解くと、各財の需要関数が得られるとともに、それらを式(3)の目的関数に代入することにより、間接効用関数が求められる。これは、以下のようにファジィ数として表される。

$$\tilde{V} = \tilde{A} \left(\frac{\alpha}{p_M} \right)^{\alpha} \left(\frac{\beta}{c_R} \right)^{\beta} \left(\frac{\gamma}{w} \right)^{\gamma} \Omega \quad (4)$$

式(4)は、社会環境状態が一意に定まった場合でも、得られる効用水準が幅を持っていることを表している。これは、図-2において効用水準を V_0 に固定された場合を考えると、無差別曲線が幅を持って得られることと対応している(図-3)。すなわち、これを投影させて図-4のように無差別曲線を表すと、その網掛け部分は同じ効用が得られる範囲を表すこととなる。これは逆に考えると、同じ効用水準 V_0 であっても、人々は財消費の組合せを変える可能性があることを示している。

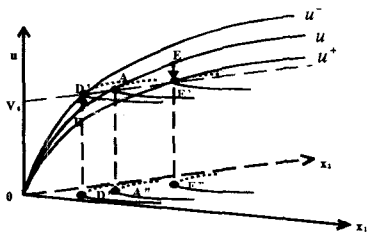


図-3 ファジィ無差別曲線

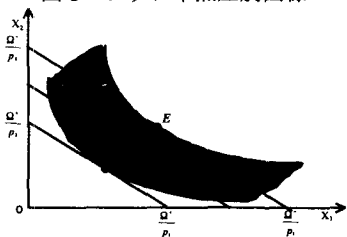


図-4 ファジィ無差別曲線と予算制約線

次に、図-4のファジィ無差別曲線において予算制約線を引くと、ファジィ無差別曲線に対応して予算制約線が引ける。予算制約線は、所得の関数であるため、図-4の予算制約線に対応して所得も以下のようにファジィ数として求められる。

$$\tilde{\Omega} = \frac{1}{\tilde{A}} \left(\frac{p_M}{\alpha} \right)^{\alpha} \left(\frac{c_R}{\beta} \right)^{\beta} \left(\frac{w}{\gamma} \right)^{\gamma} V_0 \quad (5)$$

さらに式(5)を、式(3)を解いて得られる需要関数に代入すると、需要関数もファジィ数として表さ

れる。

$$\tilde{z}_R = [z_R^-, z_R, z_R^+] = \left[\frac{\alpha \Omega^+}{p_M}, \frac{\alpha \Omega}{p_M}, \frac{\alpha \Omega^-}{p_M} \right] \quad (6.a)$$

$$\tilde{u}_R = [u_R^-, u_R, u_R^+] = \left[\frac{\beta \Omega^+}{c_R}, \frac{\beta \Omega}{c_R}, \frac{\beta \Omega^-}{c_R} \right] \quad (6.b)$$

$$\tilde{s}_R = [s_R^-, s_R, s_R^+] = \left[\frac{\gamma \Omega^+}{w}, \frac{\gamma \Omega}{w}, \frac{\gamma \Omega^-}{w} \right] \quad (6.c)$$

ただし、ここで $[x^-, x, x^+]$ という表現の、 x^- は図-4の点D、 x は点A、 x^+ は点Eに対応している。

【レクリエーションサービス生産行動】

式(3)のRサービス消費量 u_R は世帯自らが生産するとして自家生産の概念を用いて定式化を行う。すなわち、世帯はR財とその場所へのアクセス、滞在時間を含むRサービス消費時間を投入してRサービスを生産するものとする。その行動モデルをRサービスに関わる生産技術制約の下での費用最小化問題として定式化する。なお、生産関数はコブ・ダグラス型技術を用いて特定化する。また、R施設整備により、生産技術の技術パラメータが変化するものとする。これは、Rサービスの生産が効率化されることを表していると解釈できる。

$$c_R u_R = \min_{z_R, t_R} [p_R z_R + w t_R] \quad (7.a)$$

$$s.t. \quad u_R = \eta_R(Q) z_R^{\alpha'} t_R^{\beta'} \quad (7.b)$$

ここで、 z_R : R企業より供給されるR財の投入量、 t_R : レクリエーションに関わる時間投入量、 Q : R施設の整備レベル、 $\eta_R(Q)$: 整備レベルの影響を受ける技術パラメータ、 α', β' : 分配パラメータ($\alpha' + \beta' = 1$)。

式(7)を解くと、以下のように生産要素需要関数 z_R, t_R が求められる。

$$R \text{ 財需要関数} : z_R = \frac{1}{\eta_R(Q)} \left[\frac{\alpha' \cdot w}{\beta' \cdot p_R} \right]^{\beta'} u_R \quad (8.a)$$

Rサービス消費時間需要関数:

$$t_R = \frac{1}{\eta_R(Q)} \left[\frac{\beta' \cdot p_R}{\alpha' \cdot w} \right]^{\alpha'} u_R \quad (8.b)$$

式(8.a)、式(8.b)で得られたR財投入量とRサービスに関わる時間投入量を、式(7.a)に代入することにより、世帯のRサービスに対する生産費用が以下のように求められる。

$$c_R u_R = \frac{1}{\eta_R(Q)} \left[p_R \left[\frac{\alpha' \cdot w}{\beta' \cdot p_R} \right]^{\beta'} + w \left[\frac{\beta' \cdot p_R}{\alpha' \cdot w} \right]^{\alpha'} \right] u_R \quad (9)$$

よって、R サービスの一般化価格 c_R が以下のよう
に得られる。

$$c_R = \frac{1}{\eta_R(Q)} \left[p_R \left[\frac{\alpha' \cdot w}{\beta' \cdot p_R} \right]^{\beta'} + w \left[\frac{\beta' \cdot p_R}{\alpha' \cdot w} \right]^{\alpha'} \right] \quad (10)$$

【間接効用関数の全微分形】

便益の帰着構成を分析するために、間接効用関
数の全微分形を示す。

式(4)より得られているファジィ間接効用関数
を包絡線の定理を利用して分解すると、次のよう
にその全微分形が求められる。なお、通常消費者
余剰として求められる部分は、ファジィ需要関数
における余剰として表されている。

$$d\tilde{V}_H = -\lambda \tilde{z}_H dp_M - \lambda \tilde{z}_R dc_R - \lambda \tilde{s}_H dw + \lambda T_H dw \\ + \lambda K_H dr + \lambda d\pi_M + \lambda d\pi_R - \lambda d\tau_H \quad (11)$$

式(11)の右辺第2項に示されている、Rサービ
スの一般化価格は、その全微分形が

$$dc_R = z_R dp_R + l_R dw + \frac{\partial c_R}{\partial Q} dQ \quad (12)$$

のように求められることより、最終的に間接効用
関数の全微分形は次式のようにになる。

$$d\tilde{V}_H = -\lambda \tilde{z}_H dp_M - \lambda \tilde{z}_R dp_R + \lambda L_H dw + \lambda K_H dr \\ + \lambda d\pi_M + \lambda d\pi_R - \lambda d\tau_H + \lambda \tilde{u}_R \frac{\partial c_R}{\partial Q} dQ \quad (13)$$

2.2 企業の行動モデル

企業は、労働と資本からなる生産要素を投入し
て、合成財を生産し、本モデルの経済システム内
の市場へ供給する。その生産活動は利潤最大化行
動として、以下のように定式化される。なお、生
産関数はコブ・ダグラス型技術を用いて特定化す
る。

$$\pi_M = \max_{y_M, L_M, K_M} [p_M y_M - w L_M - r K_M] \quad (14.a)$$

$$s.t. \quad y_M = \eta_M L_M^{\alpha''} K_M^{\beta''} \quad (14.b)$$

ここで、 M ：企業を表す添字、 y_M ：企業の一般財産出量、 L_M ：
企業の労働投入量、 K_M ：企業の資本投入量、 f_M ：企業の生産
関数、 η_M ：比率パラメータ、 α'' 、 β'' ：分配パラメータ ($\alpha'' + \beta'' = 1$)。

式(14)を解くと、生産要素需要関数 L_M 、 K_M が求
められるとともに、利潤関数も得られる。なお、
その利潤関数の全微分形は、包絡線定理を用いて
以下のように求められる。

$$d\pi_M = y_M dp_M - L_M dw - K_M dr \quad (15)$$

2.3 R 企業の行動モデル

R 企業は、労働と資本からなる生産要素を投入
して、R 財を生産する。世帯はこの R 財を投入し
て、R サービスを自家生産するが、それは式(7.a)
にて特定化したとおりである。R 財の生産活動は
企業と同様に利潤最大化行動として定式化する。
なお、生産関数はコブ・ダグラス型技術を用いて
特定化する。

$$\pi_R = \max_{y_R, L_R, K_R} [p_R y_R - w L_R - r K_R] \quad (16.a)$$

$$s.t. \quad y_R = \eta_R L_R^{\alpha^*} K_R^{\beta^*} \quad (16.b)$$

ここで、 y_R ：R 企業の R 財産出量、 L_R ：R 企業の労働投入量、 K_R ：
R 企業の資本投入量、 η_R ：比率パラメータ、 α^* 、 β^* ：分配パラ
メータ ($\alpha^* + \beta^* = 1$)。

式(16)を解くと、生産要素需要関数 L_R 、 K_R が求
められるとともに、利潤関数も得られる。なお、
その全微分形は企業の場合と同様に求められ、以
下のようにになる。

$$d\pi_R = y_R dp_R - L_R dw - K_R dr \quad (17)$$

2.4 政府の行動モデル

政府は、世帯から徴収した一括税により、R 施
設整備事業を行うものとし、その整備事業には合
成財が投入されるものとする。よって、以下の財
政均衡式が成立する。

$$\tau_H = p_M z_G \quad (18)$$

ここで、 z_G ：政府の合成財投入量。

式(18)より一括税の全微分形が求められる。

$$d\tau_H = z_G dp_M + p_M dz_G \quad (19)$$

2.5 市場均衡条件

本モデルにおける市場均衡条件は、ファジィ数
を含む連立方程式として表される。

$$\text{合成財市場} : y_M = \tilde{z}_H + z_G \quad (20.a)$$

$$\text{R 財市場} : y_R = \tilde{z}_R \quad (20.b)$$

$$\text{労働市場} : L_H = L_M + L_R \quad (20.c)$$

$$\text{資本市場} : K_H = K_M + K_R \quad (20.d)$$

$$\text{財政均衡式} : \tau_H = p_M z_G \quad (20.e)$$

式(20)を厳密に解こうとすると、価格をファジ
ィ関係により調整して求める必要がある。しかし
本研究では、モデルが煩雑になるため実際に均衡
解を計算する場合には、クリスプな需要関数によ
り表された市場均衡条件を解いて得られた解を均
衡価格として用いた。よって、均衡価格もここで

はクリスプなものとなっている。

3. 便益評価指標と便益帰着構成表の作成

3.1 便益評価指標

2章にて構築したモデルを用い、R施設整備に伴う便益を表す。ここでは、既に述べたように整備による効果をRサービスに関わる世帯の自家生産関数の技術パラメータの向上として表現する。これにより、世帯の効用水準は $\tilde{V}^A \rightarrow \tilde{V}^B$ へと変化し、このときの便益を等価的偏差EVの概念を用いて表現する。すなわち、R施設整備がなされた後の効用水準 $\tilde{V}^B$ を維持するという条件の下で $\tilde{V}^A \rightarrow \tilde{V}^B$ の変化をあきらめるために必要と考える最小補償額をもって便益を表す。すると、EVは以下ようになる。

$$\tilde{V}(p_M^A, c_R^A, w^A, r^A, \Omega^A + EV) = \tilde{V}^B \quad (21)$$

ただし、A, B: 政策なし、政策ありを表す。

また、EVは支出関数を用いて表すことも可能である。支出関数は、式(5)の $\tilde{\alpha}$ として既に表されている。

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{A} \left(\frac{p_M}{\alpha} \right)^a \left(\frac{c_R}{\beta} \right)^b \left(\frac{w}{\gamma} \right)^{\gamma} V \quad (22)$$

これを用いるとEVは以下ようになる。

$$EV = \tilde{\alpha}(p_M^A, c_R^A, w^A, r^A, V^B) - \tilde{\alpha}^A \quad (23)$$

以上より、便益もファジィ数として求められることがわかる。なお、式(27)はファジィ数の差を表しており、山下・須田(1997)¹¹⁾によれば、その差は次式のように求められる。

$$\tilde{x}_1[A, B, C] - \tilde{x}_2[D, E, F] = \tilde{x}_3[A - F, B - E, C - D] \quad (24)$$

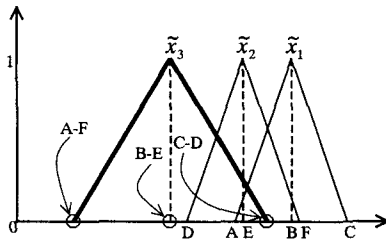


図-5 ファジィ数の差

3.2 便益帰着構成表

式(28)で求められたEVは、さらに以下のように

展開が可能である。

$$\tilde{EV} = \int_{\tilde{V}^A}^{\tilde{V}^B} \frac{\partial e}{\partial V} d\tilde{V} \quad (25)$$

式(25)に式(4)のファジィ間接効用関数の全微分形を代入し、さらに式(17), (21)の利潤関数の全微分形を代入して整理すると、以下のようにEVが求められる。

$$EV = \int_{\tilde{V}^A}^{\tilde{V}^B} \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial \Omega} \left[-\tilde{z}_M dp_M - \tilde{z}_R dp_R + \tilde{L}_H dw + \tilde{u}_R \frac{\partial c_R}{\partial Q} dQ - z_C dp_M - p_M dz_C \right] \quad (26)$$

これを森杉¹⁾らが提案している便益帰着構成表としてまとめたものが表-1である。便益帰着構成表の各項目は消費者余剰を表しているが、ここでは式(6)で求められたファジィ需要関数に基づいて定義される消費者余剰となっていることがわかる。その結果、通常市場メカニズムを介してキャンセル・アウトする部分であっても、ここではキャンセルされず残ってきていることがわかる。

4. レクリエーション施設整備の便益計測

4.1 パラメータ設定

数値シミュレーションを行うためには、2章にて構築したモデルの生産関数および効用関数のパラメータを設定する必要がある。ここでは、簡単化のため、応用一般均衡モデルのパラメータ設定に適用されるキャリブレーション手法によりパラメータ設定を行った。キャリブレーション手法とは、ある基準年で社会経済が一般均衡状態にあると想定して、その基準年データセットのみを正確に再現できるようなパラメータを、連立方程式や収束計算によって求めるという方法である。

本研究では、基準年を1996年(平成8年)として、岐阜市を対象に岐阜市および岐阜県統計書^{11), 12)}より、経済データセットを作成した。特に、レクリエーション活動に関わるデータのうちR企業の生産に関わるデータは、岐阜市の市民経済計算年報¹¹⁾の中のサービス業部門のデータを基本的に用い、また世帯のRサービス消費時間は、日本人の生活時間調査のR活動に要するデータ¹³⁾を利用して作成した。ただし、これらは取り上げた部門に

表-1 ファジィを考慮した便益帰着構成表

	企業	R 企業	世帯	政府	合計
合成財価格変化	$y_M dp_M$		$-\tilde{z}_M dp_M$	$-z_G dp_M$	$(y_M - \tilde{z}_M - z_G) dp_M$
R 財価格変化		$y_R dp_R$	$-\tilde{z}_R dp_R$		$(y_R - \tilde{z}_R) dp_R$
R 施設整備事業費				$-p_M dz_G$	$-p_M dz_G$
R 効用の増大			$\tilde{u}_R \frac{\partial c_R}{\partial Q} dQ$		$u_R \frac{\partial \Omega}{\partial Q} dQ$
賃金率変化	$-L_M dw$	$-L_R dw$	$\tilde{L}_H dw$		$(\tilde{L}_H - L_M - L_R) dw$
資本利子率変化	$-K_M dr$	$-K_R dr$	$K_H dr$		0
利潤の変化	$-d\pi_M$	$-d\pi_R$	$d\pi_M + d\pi_R$		0
税変化			$-d\tau$	$d\tau$	0
合計	0	0	$\tilde{L}_H dw - \tilde{z}_M dp_M - \tilde{z}_R dp_R$ $- p_M dz_G - z_G dp_M + \tilde{u}_R \frac{\partial c_R}{\partial Q} dQ$	0	SNB

ただし、簡単化のため $\frac{\partial e}{\partial V} = 1$ としている

関しては必ずしも整合が取れているものではなく、データ間の整合については今後の課題とした。こうして作成したデータセットをもとに、キャリブレーション手法によりパラメータを設定した。まず産業、世帯の経済関係のデータセットを表-2に示し、次に設定されたパラメータを表-3に示した。

表-2.1 産業のデータセット

	企業	R 企業
賃金率 (円/時間)	1,841	1,841
労働投入量 (100万時間)	440	8
資本投入量 (100万円)	433,011	8,579
生産額 (100万)	1,242,370	22,560

表-2.2 世帯のデータセット

	世帯
合成財消費額 (100万)	1,242,370
R財消費額 (100万)	22,560
Rサービス消費額 (100万)	101,888
余暇時間 (100万時間)	625
労働時間 (100万時間)	447
総所得 (100万)	2,494,093

表-3.1 産業のパラメータ

	比率パラメータ		分配パラメータ	
	η_j		α^j	β^j
企業	256		0.65	0.35
R企業	205		0.62	0.38

表-3.2 世帯のパラメータ (R サービス生産関数)

比率パラメータ		分配パラメータ	
η_M		α^j	β^j
591		0.22	0.78

表-3.3 世帯のパラメータ (効用関数)

分配パラメータ		
α	β	γ
0.50	0.04	0.46

また、ファジィ係数 $\tilde{A}$ については、仮想的に $\tilde{A}[0.99, 1.01]$ とした。すなわち、効用の幅が1%~1%の間にあると考えている。こうして効用関数の幅が設定されれば、需要関数の幅も決定される。そのメカニズムは図-6にて示される。この図-6は図-4と同じものであるが、今均衡計算から求められる価格体系をクリスプなものに限定したことより、効用水準 V に接する予算制約線のみに着目すればよい。このとき図-6によれば、点ⅡからⅢの予算制約線上のどの需要量の組合せに対しても同一水準の効用が得られることがわかる。これより、点ⅡからⅢまでが需要量の幅となる。このように考えると、ここでは仮想的に設定した $\tilde{A}$ の幅は、実際には需要量の幅を観測することにより逆に推定できると思われる。現実には、

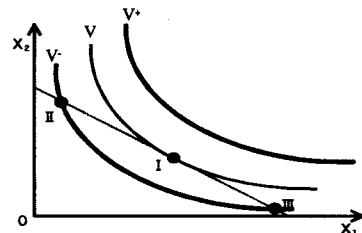


図-6 ファジィ係数 $\tilde{A}$ の決定方法

効用関数の幅というものはなかなか観測されるものではないし、アンケートで尋ねたとしても答えられるものではない。しかし、需要量の幅であれば、例えばアンケート調査によって「R 施設を何回から何回くらい利用しますか。」というような形で調査することも可能といえよう。

いずれにしても、本研究では仮想的に設定した $\tilde{A}$ の下で数値計算を行う。なお、効用が-1%~1%の幅にある場合、後に示す計算結果から明らかとなるが、R サービス需要量においてもほぼ-1%~1%の幅となっている。つまり、具体的には、岐阜市全体で年間 1019 億円ほどある R サービスの消費に対し、1009 億円~1029 億円という需要量の幅の間で効用が変化しないと想定していることになる。こう考えると、この幅はそれほど大きなものではないと思われるが、この設定の下で便益の計測結果がどう変わるのかが後に計算されることとなる。

4.2 政策変数の設定と数値シミュレーション結果

4.1 節で設定したパラメータのもとで政府が R 施設整備を行った場合の便益評価を行った。この整備により式(7.b)の整備レベルが変化することとしたが、ここでは 40 億円の R 施設整備事業に対し、整備レベルが 1.1 倍改善されると仮定している。そのシミュレーション結果をまとめたものが表-4 である。

表-4 主要変数の変化

・ 価格	政策前	政策後	変化率
合成財価格	1.000	1.001	0.11%
R財価格	1.000	1.001	0.10%
Rサービス	1.000	1.002	0.15%
賃金率	1,841	1,844	0.17%
資本利子率	1.00	1.00	0.00%

・ 合成財消費額(100万)			
	点D	点A	点E
政策前	1,229,946	1,242,370	1,254,793
政策後	1,223,361	1,235,691	1,248,075
変化率	-0.54%	-0.54%	-0.54%

・ 余暇消費量(100万時間)			
	点D	点A	点E
政策前	618	625	631
政策後	615	621	627
変化率	-0.59%	-0.60%	-0.59%

・ Rサービス消費額(100万)			
	点D	点A	点E
政策前	100,869	101,888	102,907
政策後	110,313	111,480	112,541
変化率	9.36%	9.41%	9.36%

・ R時間消費量(100万時間)			
	点D	点A	点E
政策前	43	43	44
政策後	47	47	48
変化率	9.35%	9.40%	9.35%

・ R消費量(100万)			
	点D	点A	点E
政策前	22,335	22,560	22,786
政策後	24,438	24,697	24,932
変化率	9.42%	9.47%	9.42%

・ 労働時間消費量(100万時間)			
	点D	点A	点E
政策前	454	447	440
政策後	454	447	440
変化率	-0.07%	-0.07%	-0.07%

さらに式(26)より求められた便益の数値計算を行った。

$$\tilde{EV} = [-420, 76, 580] \quad (27)$$

式(27)の真ん中の数値 76 億が、クリस्पな状態での便益計測値である。そして式(27)の結果より、76 億円という純便益に対し、-420 億円~580 億円の幅が存在する結果となった。元々は、R サービスの需要量の幅が-1%~1%ほどの設定であったにもかかわらず、便益としては-420 億円~580 億円という大きな幅を持つことがわかる。さらに便益の下限値がマイナスになっている。このマイナスの便益が生じた部分は、ファジィの導入により人々の行動のあいまいさを考えることにより、通常サービスが向上するような整備であっても、場合によってはマイナスの便益が発生する可能性のあることを示しているだけであり、決して R 施設整備の意義を否定するものではない。

また、具体的な数値を代入した便益帰着構成表を表-5 に示す。なお、世帯の項目別の帰着便益を計測するとき、消費者余剰の台形近似で計測を行ったが、需要関数がファジィ数で定義されているため、消費者余剰もファジィ数で計測されている。通常、旅行費用法¹⁴⁾で計測している消費者余剰とは、表-5 では R 効用の増大の項目と同一のものである¹⁵⁾。つまり、本モデルと旅行費用法との関係は、便益帰着構成表によって関係づけられる。

5. 結論

従来の便益評価においては、人間行動のあいまいさについてほとんど考慮されてこなかった。人間の行動は本質的にあいまいな部分が多い。完全情報下でも意思決定のあいまいさにより、人々の行動は変化する。それにより、例えば社会資本整備による便益も人々の行動のあいまいさに依存して変化してしまうことが十分考えられ、その変化の幅を何らかの形で明らかにする必要があると思われる。

本研究では、意思決定のあいまいさを考慮するため効用関数をファジィ集合で定義した。そして、従来の費用便益分析の枠組みで便益が幅を持った形で計測できることを示した。以下に本研究の

表-5 ファジィ理論を導入した便益帰着構成表(数値計算版)

	企業	R企業	世帯	政府	合計
合成財価格変化	1,366		[-1,350, -1,364, -1,377]	-2	[14, 0, -14]
R財価格変化		24.7	[-24.5, -24.7, -25.0]		[0.3, 0, -0.3]
R施設整備事業費				-3,998	-3,998
R効用の増大			[-47,695, 11,568, 48,846]		[-47,695, 11,568, 48,846]
賃金率変化	-1,366	-24.7	[1,411, 1391, 1370]		[21, 0, -21]
税変化			-4,000	4,000	0
合計	0	0	[-51,659, 7571, 44,814]	0	[-51,659, 7571, 44,814]

(単位: 100万円)

成果を挙げる。

- ① 理論を適用した従来の便益評価モデルに対し、効用関数のファジィ化を試み、需要関数、支出関数もファジィ数として表され、その結果、便益もファジィ数として表される点を論理的に示した。
- ② シミュレーションにおいては、効用関数の幅を-1%~1%というそれほど大きいとは思えない範囲で仮定しても、便益の計測値は大きな幅を持つことが示された。さらにその下限値はマイナスとなる可能性のあることも明らかになった。
- ③ 益帰着構成表の作成により、便益を分解することで、どの項目が幅を持つのかを便益帰着構成表により示せた。さらにファジィ理論を考慮しない場合、キャンセル・アウトされる項目が、必ずしもキャンセル・アウトされないこともわかった。

今後の課題としては、以下のようなものが挙げられる。

- ① 今回は、仮想的な整備を想定してシミュレーション分析を行った。課題の一つとしては、現実的な整備に対し、本モデルを適用していくことが考えられる。その際、特にファジィ係数 $\tilde{a}$ 、あるいは整備レベルの設定の方法について、アンケートや実証データの観点から再考する必要がある。
- ② モデルは、一般均衡の枠組みで構築し、その均衡条件は、ファジィ数を含んだ形で表されることがわかった。しかし、今回はクリスプな形にして均衡解の導出を行っている。ここで、ファジィ関係を適用して解の調整を行い、均衡価格を求めることが必要である。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳(1997): 社会資本整備の便益評価, 劉草書房。
- 2) 西村和雅(1990): ミクロ経済学, 森北出版株式会社, pp.121-133。
- 3) 小林潔司(1999): 知識社会と都市の発展, 森北出版株式会社。
- 4) 大野栄治(1992): ランダム効用関数による交通便益の定義とその計測に関する研究, 京都大学学位論文。
- 5) 瀬尾美巳子(1999): ファジィ決定分析とファジィ効用評価, 日本ファジィ学会誌, Vol-11, No.5, pp.721-733。
- 6) 塚本弥八郎・高萩栄一郎(1994): ファジィ理論と経済学, 藪内稔・塚本弥八郎・中村和夫, ファジィ理論と人文・社会科学, 講座ファジィ 14 巻, 日刊工業株式会社, 第4章, pp.139-187。
- 7) 秋山孝正(1989): 高速道路交通計画におけるファジィ理論と知識工学手法の応用に関する研究, 京都大学学位論文。
- 8) 武藤慎一・高木朗義(1999): 交通安全対策の便益計測モデルの開発. 平成 11 年度研究発表会講演概要集, 土木学会中部支部, pp.449-450。
- 9) 吉田均・小尻利治・宮本文穂・秋山孝正・大野研・背野康英共著(1992): ファジィ理論の土木工学への応用, 森北出版株式会社。
- 10) Johansson, P.-O.(1993): Cost-Benefit Analysis of Environmental Change, Cambridge University Press。
- 11) 岐阜市(1997): 岐阜市統計書。
- 12) 岐阜県(1997): 岐阜県統計書。
- 13) NHK 放送文化研究所(1996): 日本人の生活時間, 日本放送出版協会。
- 14) 竹内憲司(1999): 環境評価の政策利用, 劉草書房。
- 15) 森杉壽芳(1997): プロジェクト評価に関する最近の話題, 公共投資の評価手法-拡張費用便益分析の基礎的考え方から適用まで-, 岐阜大学工学部土木工学科都市工学講座公共投資評価研究グループ主催。