

単峰型選好を考慮した便益評価 -旅行費用法への適用に関する考察-

奥山忠裕¹

¹ 正会員 博(経済学) 政策研究大学院大学研究助手政策研究科 (〒106-8677 港区六本木 7-22-1)

E-mail: okuyama@grips.ac.jp

環境質の便益評価研究では、表明選好法を中心に政策的な合意形成が得られる値として、評価値の中央値を用いることが好ましいとされている。これらの議論は、中位投票者定理に基づくものであり、中位投票者定理の主たる仮定の一つである単峰型選好を仮定した計測を行うことが少ない顕示選好法では、中位投票者定理を考慮した理論および実証研究が少ないことが現状である。そのため、本研究では、単峰型の選好を仮定した便益分析の問題点についてまとめ、旅行費用法を想定した適用法について考察する。

Key Words: recreational activity, travel cost method, single peaked preference, total value

1. はじめに

環境問題に関する関心の高まりとともに、便益分析を用いた環境評価研究が多く行われている。ある社会の構成員にとって、統一された価値基準のなかった環境質に対し、社会構成員の厚生と環境質の関連性を分析し、貨幣換算することで、貨幣という共通した価値基準のもとで環境質の価値を判断する手法となったことが、その大きな理由と考えられる。その性質上、あるプロジェクトの実行の有無に関する判断基準として用いられる機会も多く、現在では、プロジェクト実行/中止の判断を示す指標として用いられるようになった。

環境関連プロジェクトが実行/中止されたならば、そのプロジェクトに関連した多くの社会構成員の効用に影響を与える。たとえば、ある河川の水質を向上させることは、その流域の住民の生活環境を向上させることに繋がるだろう。そのため、プロジェクトから発生した便益とは個々の住民の便益の総計として表現される。これは社会的便益と呼ばれ、簡単には、住民の便益の中央値もしくは平均値×住民の総数として計測される。

社会的便益の計測法には、いくつかの課題があり、その一つに平均値を用いるか、中央値を用いるかという問題がある。便益の平均値を用いた場合は、パレート基準と整合性があり、そのため、社会的な資源配分が効率的な状態にあることを示すとされている。一方、中央値を用いた場合は、中位投票者定理(Median Voter Theorem)に基づき、住民の過半数がその政策に賛成する時の便益の値とされている。

どちらの値を用いるかについては、その政策の内容にもよるだろうが、表明選好法(Sated Preference Method)では、便益の中央値を用いる方が政策的に有用であるとの見解があり(Arrow *et al.* (1993)¹⁾)、投票行動に基づく仮想市場法(Referendum Contingent Valuation)を行うことが望ましいという指摘がある(Schläpfer and Hanley (2006)²⁾)。

このように、いくつかの文献では、中央値を用い、社会的便益の計測を行う方がよいとの指摘が見られるものの、そもそも、既存の環境質に関する便益評価理論では、中位投票者定理を用いることを想定した世帯行動モデルが少なく、理論モデルと便益の関係、ならびに、その際の便益計測の特徴なども整理されていない。そのため、環境評価に関する行動モデルの範囲内では、どのような行動モデルを想定した場合、中位投票者定理を利用可能とする便益定義がなされるのか、また、実用上の適用可能性についても検討されることは少ない。

そこで、本研究では、第一に、この中位投票者定理を用いるための便益評価の理論モデルについて検討し、実証分析を通し、得られたパラメータを利用して数値例による理論モデルと実証モデルとの整合性の確認、ならびに、中位投票者定理の利用可能性について検討する。

ここで、中位投票者定理を想定する場合、世帯の効用関数に単峰型選好(Single Peaked Preference)という通常の便益計測には利用しない選好関係を想定する必要がある。上記の表明選好法による便益計測においても、中位投票者定理を利用するために、中央値を用いるならば、暗黙のうちに単峰型選好を仮定している。そのため、第二に、この単峰型選好を想定した場合の便益計測の課題

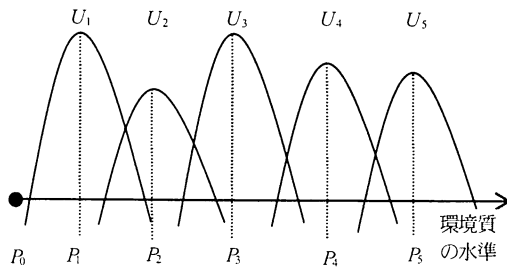


図-1 中位投票者定理の概要

について付随的に知見をまとめる。

なお、プロジェクトの費用を想定し、純便益による理論モデルを構築することが望ましいものの、既存の表明選好法による評価では、その記述が見られないこと、ならびに、費用まで考察する場合、プロジェクトの費用の妥当性の議論を行う必要があることから、本稿では、個人の選好に単峰性を仮定するのみでモデル構築を行うこととする。

2. 既存研究の整理と本研究の構成

(1) 既存研究の整理

現在の環境評価手法は、表明選好法と顕示選好法に大別される。前者は回答者に直接 WTP を提示させ、便益計測を行う手法であり、世帯行動モデルを反映した選好パラメータを利用した分析は困難である。そのため、本研究では、多くの環境評価に利用されている顕示選好法の一つである、旅行費用法(Travel Cost Method; 以降、TCM と呼称する)をもとに、便益分析モデルを構築する。

TCM は、あるレクリエーション・サイトに対する個人の訪問回数と環境質の水準が密接な関係を持つならば、環境質の水準の変化が市場行動に反映されることを利用して環境改善(悪化)便益を計測する手法である。TCM を利用する場合に重要な仮定として弱補完性の仮定がある。財需要量がゼロの場合、効用水準が変化しない、つまり、便益に影響を与えないという仮定である。この仮定がない場合、環境質の変化から発生した便益は正確な値をとらないことが知られているため(Bockstael and McConnell (2005)³⁾、本研究でもこれらを検討する。

TCM による便益評価を行う場合、一般的には消費者余剰(Consumer Surplus; 以下、CS と称す)が用いられる。Shrestha *et al.* (2002)⁴⁾は、ポアソン回帰分析、負の二項回帰等の比較を通し、釣り需要関数を推計し、一回の釣り旅行当たりの CS が約\$540 から約\$869 となることを計測し、Bilgic and Florkowski (2007)⁵⁾は負の二項回帰モデルを用い、バス釣りの消費者余剰が(推計モデルによるものの)一人当たり約\$161 から約\$1989 となるとしている。また、Bin

et al. (2005)⁶⁾では、海水浴に関する利用データから、日帰り客と宿泊客の消費者余剰を推計し、CS が約\$11 から約\$80 と計測している。

CS は効用水準の変化に基づく厚生測度ではないことから、厳密には厚生測度の近似値である。正確な厚生測度を計測するためには、等価変分(Equivalent Variation; 以下、EV と称す)もしくは補償変分(Compensating Variation; 以下、CV と称す)を計測する必要があるものの、効用水準を計測する必要があることから、TCM に基づく便益計測に用いられる機会が少ない(なお、効用関数の単調変換となり、効用差を厳密に反映可能な厚生測度は EV である)。

本研究では、理論モデルと実証モデルの整合性についても検討することから、効用関数の形状を確認する必要がある。そのための一つの方法として、間接効用関数を特定化し、ロアの恒等式(Roy's Identity)を利用することで需要関数を導出・計測を行い、効用関数の形状を確認する方法が挙げられる。もう一つの方法として、需要関数から擬似的支出関数を導出する Integrating-Back Approach (以下、IBA と称す)がある。Hausman (1981)⁷⁾、Larson (1991)⁸⁾、Von Haefen (2007)⁹⁾で紹介されている IBA は、需要関数から擬似的支出関数、擬似的間接効用関数を導くことで EV、CV を計測することができる。IBA は理論モデルと整合性を持たせるためにはパラメータの符号条件およびその絶対値に制約があるという欠点があるものの、より柔軟に推計モデルを選択することができ、また、弱補完性の仮定も満たされた上で、厚生計測を行うことができる(Larson (1991)⁸⁾)。そのため、本研究では、IBA を用い、便益計測を試みる。

(2) 中位投票者定理

中位者投票理論では、(環境質に対する選好として考えた場合)ある一定水準以上のクオリティで投票者は満足し、それ以上の水準では、逆に効用が下がる、単峰型の選好(Single Peaked Preference)が仮定されている。この選好形および理論を解説するために次の例を考える。

政策として環境改善事業を想定し、5 人の選好のタイプを持つ個人がいるものとする。各個人の効用水準(選好)を U_k ($k=1,2,\dots,5$)、その形状および位置関係を図-1 に示す。横軸は環境質の水準であり、現状の水準を R_0 とし、それ以上を環境改善事業による水準の変化と考える。

各タイプの個人は、環境質の水準に対応した選好を有しており、最も支持する環境質の水準(政策)は頂点の位置に対応した政策であり、 R_k ($k=1,2,\dots,5$) とする。

ここで、 $k \geq 3$ なる R_k において、 U_k ($k=1,2$) の効用水準を最も高くする政策は R_3 であり、この三つの政策を考えた場合、 R_3 が過半数の支持を得る。次に、 $k \leq 3$ なる R_k において、 U_k ($k=4,5$) の効用水準を最も高くする政策は R_3

であり、同様に、 R が過半数の支持を得る。したがって、 R はどのような過半数のグループによっても覆されることはない。この中位投票者の政策を採用するという中位投票者ルールでは、戦略的な虚偽表明を行うことがないことが証明されており、この考えのもとで計測された便益は政策的に合意形成が得られる値として解釈され、実証的にも Borchering and Deacon (1972)¹⁰⁾、Bergstrom and Goodman(1973)¹¹⁾等により、確認がなされている。

このような理由から、Schläpfer, *et al.*(2005)¹²⁾は表明選好法における投票形式を用いることの重要性として、この中位投票者定理を挙げている（代表値に関する議論として、浅野・児玉(2000)¹³⁾も参考にされたい）。一方、環境評価理論では、環境質の水準は効用に正の影響を持つものとされており、また、環境質の水準の向上が効用に負の影響を与えることは奇異な仮定と考えられるかもしれない。この仮定を妥当とするための一つの考えとして、選好の頂点が相対的に横軸の左側にある場合は、環境質の向上にあまり関心がない個人、右側にある場合は、環境質の向上に関心が高い個人と考え、各頂点は各タイプの個人の関心が最も高まる環境質の水準であり、それを超えると、個人にとって何らかの不利益が発生することから、関心が低くなると考えることである。本研究では、このような状況を想定し、単峰型選好を仮定、分析を行う。

(3) 本研究の構成

本研究では、まず、3.において単峰型選好を考慮した便益評価モデルについて考察を行う。次に、理論モデルを検証するため、シミュレーション分析を行う。そのため、4.において、シミュレーションのためのパラメータを得るために実証分析を行い、次に、IBAに基づく便益計測法を用い、中位投票者定理に基づく便益計測、および、単峰型選好を仮定した場合の便益評価の他の知見についてまとめる。最後に、5.において、本研究を通じた知見と課題についてまとめる。

3. 理論モデル

(1) 世帯行動と限界的支払意志額

合成財の需要量を z 、レクリエーション需要量を x 、環境質を q とし、世帯の効用関数を式(1)として定義する。

$$U = u(z, x, q) \quad (1)$$

まず、合成財およびレクリエーション需要量については、一階微分が正、二階微分が非正となることを仮定する。次に、効用関数は環境質について単峰となることを

仮定し、 $q \in [0, q^{\max}]$ であり、0 および $q^{\max}$ の近傍以外では両側微分可能とする。また、 $\bar{q} > q$ において $\partial U / \partial q > 0$ および $\partial^2 U / \partial q^2 \leq 0$ 、 $\bar{q}$ において $\partial U / \partial q = 0$ 、 $\bar{q} < q$ において $\partial U / \partial q < 0$ および $\partial^2 U / \partial q^2 \leq 0$ となることを仮定する。最後に、交差微分について、 $\partial^2 U / \partial z \partial q = \partial^2 U / \partial q \partial z = 0$ 、 $\bar{q} > q$ において $\partial^2 U / \partial x \partial q = \partial^2 U / \partial q \partial x > 0$ 、 $\bar{q}$ において $\partial^2 U / \partial x \partial q = \partial^2 U / \partial q \partial x = 0$ 、 $\bar{q} < q$ において $\partial^2 U / \partial x \partial q = \partial^2 U / \partial q \partial x < 0$ となることを仮定する。

ここで、本研究の関心が環境質の変化と単峰型選好の関連性にあることから、複雑な議論を避けるために、合成財、レクリエーション需要量については単峰性を仮定しない。しかしながら、本研究では、弱補完性を仮定しているため、環境質に対する選好が単峰型となる場合、効用水準が正となる場合、環境質とレクリエーション需要量は補完関係、つまり、環境質について需要量もまた単峰を有する形状となる。効用関数における環境質への関心の度合いが需要量に影響を与えるケースである。

このようなケースに当てはまる個人として、環境質としての魚の種類（もしくは個体数）と釣り行動の関係を例にとると、ある釣り場において、魚の種類が少なすぎる場合は、釣れないことが多く、釣りをしても楽しくはないため、訪問回数が少ないが、適度な種類がいる場合には訪問回数が多くなり、多すぎると目当ての魚が釣れなくなり、訪問回数が減少するといった個人が考えられる。または、観光地がある程度賑わっていると、その観光地へ行く回数が増えていくものの、賑わいも度が過ぎると混雑と感じるようになり、訪問回数が減少する個人が考えられる。本研究では、環境質の代理変数として、化学的酸素要求量(Chemical Oxygen Demand；以下、CODと称す)を用い、この値が小さい場合には、良好な環境水準にあるものとする。現実的には、この値と関連性を持つ、賑わいや魚の種類といった質的変数が影響している可能性がある。その意味で、本研究の実証部分は、実証例を示し、また、数値例を示すためのパラメータを得るという目的のもとに行うものとし、他の変数を考慮した実証分析による比較研究を今後の課題としたい。

次に、合成財価格を1、旅行費用を p 、所得を y とすることで、予算制約が $y = z + px$ となることから、効用最大化問題が式(2)として定義される。

$$\begin{aligned} \text{Max}_{z, x} \quad & u(z, x, q) \\ \text{s.t.} \quad & y = z + px \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)からラグランジュの未定乗数を λ とすることで、ラグランジュ方程式が式(3)として定義され、一階の微分条件が式(4)一式(6)として導出され、マーシャルの需要関数および λ が式(7)一式(9)として導出される。なお、 $\partial u(\cdot) / \partial z = u_z$ と表記し、他の変数もこれに倣う。

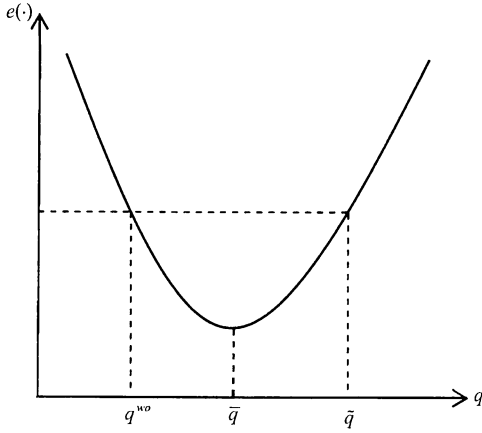


図-2 支出関数の形状

$$L \equiv u(z, x, q) - \lambda(z + px - y) \quad (3)$$

$$\partial L / \partial z = u_z - \lambda = 0 \quad (4)$$

$$\partial L / \partial x = u_x - \lambda p = 0 \quad (5)$$

$$\partial L / \partial \lambda = y - z - px = 0 \quad (6)$$

$$z = z^m(1, p, y, q) \quad (7)$$

$$x = x^m(1, p, y, q) \quad (8)$$

$$\lambda = \lambda(1, p, y, q) \quad (9)$$

ここで、単峰性を仮定した環境質の変化とレクリエーション需要量 x の関係について考える。ラグランジュ方程式の一階条件について全微分し、まとめると次式が得られる。

$$\begin{bmatrix} u_{zz} & u_{zx} & -1 \\ u_{xz} & u_{xx} & -p \\ -1 & -p & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dz \\ dx \\ d\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -u_{zq}dq \\ -u_{xq}dq + \lambda dp \\ -dy + xdp \end{bmatrix}$$

クラメル・ルールを適用し、 $dp=0, dy=0$ としてまとめると、環境質の変化に対する需要量の変化率が式(10)として得られる。

$$\begin{aligned} |A| &= \begin{vmatrix} u_{zz} & u_{zx} & -1 \\ u_{xz} & u_{xx} & -p \\ -1 & -p & 0 \end{vmatrix} > 0 \\ dx &= \frac{1}{|A|} \begin{vmatrix} u_{zz} & -u_{zq}dq & -1 \\ u_{xz} & -u_{xq}dq + \lambda dp & -p \\ -1 & -dy + xdp & 0 \end{vmatrix} \\ &= \frac{1}{|A|} \left(\begin{aligned} &(u_{xq} - pu_{zq})dq \\ &+ (pxu_{xz} - xu_{xz} - \lambda)dp \end{aligned} \right) \\ dx/dq &= u_{xq} / |A| \end{aligned} \quad (10)$$

$|A|$ の符号条件から、需要関数の変化は交差微分の条件に依存することになる。効用関数の交差微分の条件から、 $\bar{q} > q$ において $dx/dq > 0$ 、 $\bar{q}$ において $dx/dq = 0$ 、 $\bar{q} < q$ において $dx/dq < 0$ となる。

次に、各変数が最適値となっていることをスーパークリプト¹⁾を用いて表現すると、間接効用が式(11)として定義される。式(11)に包絡線定理を適用することで、式(12)が得られ、 $dV=0$ および $dp=0$ とすることで、環境質の変化に対する限界的支払意志額が式(13)として定義される。なお、 λ は所得に対する限界効用であり、単純化のため、一定かつ正値をとることを仮定する。

$$V \equiv u(z^*, x^*, q) - \lambda^*(z^* + px^* - y) \quad (11)$$

$$dV \equiv u_q dq - \lambda^*(dp - dy) \quad (12)$$

$$-dy/dq \equiv u_q / \lambda^* \quad (13)$$

式(13)は、効用水準を一定としたもとで、環境質 dq 単位の変化に対する支出額の変化分 dy を表現する式であり、環境質の変化に対する限界的支払意志額を表現している。いま、効用関数において、環境質に関する選好は単峰となっていることを仮定している。そのため、 $\bar{q} > q$ において $u_q > 0$ であり、限界的支払意志額 $(-dy/dq)$ もまた正値をとる。次に、 $\bar{q}$ において $\partial U / \partial q = 0$ となることから、限界的支払意志額は $-dy/dq = 0$ となる。最後に、 $\bar{q} < q$ において $u_q < 0$ となることから、限界的支払意志額は負値をとる。このことから、支出関数の形状は図-2として表される。

(2) 単峰型選好と便益値

a) 費用最小化問題と便益定義

効用水準を $\bar{U}$ と固定することで、効用最大化問題の双対問題となる費用最小化問題が式(14)として定義され、ヒックスの補償需要関数が式(15)一式(16)として導出され、目的関数に代入することで支出関数が式(17)として得られる。

$$\begin{aligned} \text{Min}_{z,x} \quad & z + px \\ \text{s.t.} \quad & \bar{U} = u(z, x, q) \end{aligned} \quad (14)$$

$$z = z^h(1, p, \bar{U}, q) \quad (15)$$

$$x = x^h(1, p, \bar{U}, q) \quad (16)$$

$$y = e(1, p, \bar{U}, q) \quad (17)$$

支出関数を用いることで、 EV および CV が式(18)および式(19)として定義される。

$$EV \equiv e(1, p^m, V^m, q^m) - e(1, p^w, V^w, q^w) \quad (18)$$

$$CV \equiv e(1, p^w, V^w, q^w) - e(1, p^m, V^m, q^m) \quad (19)$$

EV および CV に対し、加法するとゼロになる zero-term expenditure を考慮することで、式(18)および式(19)は価格変化から発生する便益、所得変化から発生する便益、環境質変化から発生する便益として加法分離される(詳細は(Flores(2002)¹⁴⁾を参照されたい)。本研究では、環

環境質変化から発生する便益のみに注目することから、環境質変化から発生する便益を環境質の総価値(Total Value; 以下、 TV と称す)とし、式(20)として定義する。なお、 $s = w$ の場合が EV 、 $s = wo$ の場合が CV による定義である。

$$TV \equiv e(1, p^s, V^s, q^{wo}) - e(1, p^s, V^s, q^w) \quad (20)$$

式(20)なる TV を積分形として表現すると、 $\partial y / \partial q = \partial e(\cdot) / \partial q$ なる支出関数の偏微分をプロジェクト有無における環境質の変化の経路について積分することになる。つまり、式(20)は、価格 p^s 、効用水準 V^s のもとで式(13)をプロジェクト有りの水準 q^w から無しの水準 q^{wo} について積分した値に等しい。

b) 便益値の符号の検討

本稿では、環境質について単峰性を仮定しない場合、仮定した場合の違いについて検討する。単峰性を仮定しない場合、一般に、環境質変化に対する限界の支払意欲額は $-dy/q = -\partial e(\cdot) / \partial q > 0$ であり、環境質の改善は正の便益として計測される。他方、前節で考察したように、単峰性を仮定した場合、支出関数の形状が異なり、環境質の改善が正の便益を得る条件にはならない。

図-3を用い、この点を検討する。まず、環境質の水準が $q^{wo} < q^w$ へと変化するプロジェクトを考える。 $\bar{q}$ が $q^{wo} < q^w < \bar{q}$ の範囲にある場合、 $\partial e(\cdot) / \partial q < 0$ となることから、 $q^{wo} \rightarrow q^w$ の範囲で $\partial e(\cdot) / \partial q$ を積分すると、 $e(\cdot, q^{wo}) - e(\cdot, q^w)$ かつ $e(\cdot, q^{wo}) > e(\cdot, q^w)$ となり、式(20)より、 TV は正値をとる。

次に、 $\bar{q} < q^{wo} < q^w$ の範囲にある場合、 $\partial e(\cdot) / \partial q > 0$ となることから、 $e(\cdot, q^{wo}) < e(\cdot, q^w)$ であり、積分した場合、便益値は負値をとる。

最後に、 $q^{wo} < \bar{q} < q^w$ の場合、 $\bar{q} < q^w$ において、 $e(\cdot, q^{wo}) = e(\cdot, \bar{q})$ なる環境質の水準が存在することを仮定すると、 $q^w < \bar{q}$ ならば $e(\cdot, q^w) < e(\cdot, \bar{q}) = e(\cdot, q^{wo})$ となることから、便益は正値をとり、 $q^w > \bar{q}$ ならば $e(\cdot, q^w) > e(\cdot, \bar{q}) = e(\cdot, q^{wo})$ となることから便益は負値をとり、 $e(\cdot, q^w) = e(\cdot, \bar{q}) = e(\cdot, q^{wo})$ の場合はゼロになる(図-3を参照されたい)。

このことから、単峰性を仮定した場合、環境改善において、環境改善が①正の便益をもたらす場合、②負の便益を発生させる場合、③ゼロとなる場合の3つのケースが発生することが示された。

4. 実証分析

(1) 推計モデル

本節では、前節までの議論を用い、中位投票者を考慮

した便益値の計測について検討する。まず、選好のタイプについて、各タイプの効用関数形の頂点の位置が異なる点を表現する必要がある。本研究では、海水浴場への訪問データを利用することから、その利用目的を各選好のタイプと考え、式(21)および式(23)とする。

$$x_{ij} = \beta_0 + \beta_p p_{ij} + \beta_y y_i + \beta_q \gamma_{ij}^2 + \beta_d d_i + \varepsilon_i \quad (21)$$

$$\beta_d d_i = \beta_{GND} GND + \beta_{AGE} AGE + \beta_{MAR} MAR \quad (22)$$

$$\gamma_{ij} = q_{ij} - (\alpha_{PSW} PSW_{ij} + \alpha_{PSF} PSF_{ij} + \alpha_{PFG} PFG_{ij}) \quad (23)$$

まず、式(21)において、個人 i の第 j 海水浴場への訪問回数 x_{ij} 、価格 p_{ij} 、第 j 海水浴場の環境質 q_{ij} である。次に、 d_i は個人 i の個人属性のベクトルであり、男性を 1 とした性別に関するダミー変数 (GND) 年齢 (AGE)、既婚者を 1 とした結婚の有無に関するダミー変数 (MAR) である。各 β は推計パラメータである。

次に、一般的な需要関数の微分条件として、 $\beta_p < 0$ 、 $\beta_y > 0$ となることを仮定する。また、本研究では、環境質として COD 値を用いていることから、値が小さくなることが環境質の水準の向上を意味する。したがって、 $\beta_q < 0$ を仮定する。

最後に、利用目的、つまり選好のタイプは、式(23)として表現し、個人 i が第 j 海水浴場について、海水浴を目的として利用したことを示すダミー変数 PSW_{ij} 、サーフィンを目的として利用したことを示すダミー変数 PSF_{ij} 、釣りをする目的として利用したことを示すダミー変数 PSG_{ij} 、および、各変数の推計パラメータ α である。

二次関数を想定していることから、各タイプの違いは頂点の位置で表現され、それは式(24)として導出され、たとえば、利用目的が海水浴の場合の単峰型選好の頂点は $\bar{q} = \alpha_{PSW} PSW$ となる。利用目的によって頂点の位置(横軸)が異なるため、図-1のような中位投票者定理について検討することができる。

$$\bar{q} = \alpha_{PSW} PSW + \alpha_{PSF} PSF + \alpha_{PFG} PFG \quad (24)$$

(2) 便益計測モデル

a) 便益計測式

Larson (1991)⁸⁾より、線形の需要関数を想定した場合、擬似的支出関数は式(25)として導出される。

$$e(\cdot) = U \exp \left(\frac{\beta_y (Q + \beta_p p + \beta_d d)}{\beta_y} \right) - \frac{1}{\beta_y} \left(\beta_0 + \beta_p p + Q + \frac{\beta_p}{\beta_y} + \beta_d d \right) \quad (25)$$

ここで、 $Q = \gamma_{ij}^2$ である。擬似的支出関数を効用水準 U について解くことで、擬似的間接効用関数が式(26)もしくは式(26)'として得られる。

$$U = \frac{1}{\beta_y} \left(\beta_0 + \beta_p p + \beta_y y + Q + \frac{\beta_p}{\beta_y} + \beta_d d \right) \times \exp \left(- \frac{\beta_y (Q + \beta_p p + \beta_d d)}{\beta_p} \right) \quad (26)$$

$$= \frac{1}{\beta_y} \left(x(\cdot) + \frac{\beta_p}{\beta_y} \right) \exp \left(- \frac{\beta_y (Q + \beta_p p)}{\beta_p} \right) \quad (26)'$$

b) 便益計測式の修正

環境質の便益計測を行う場合、弱補完性の仮定が満たされる必要がある。Mäller(1978)による弱補完性の基本的な定義は財需要量がゼロのもとで、環境質の変化は効用水準に影響を与えないというものであり、 $\partial U / \partial q|_{x=0} = 0$ として定義される。一方、式(26)'を見ると、 $\beta_y > 0$ かつ指数関数が正値をとることを考えれば、 $x(\cdot) + \beta_p / \beta_y > 0$ となる場合、効用関数は正値をとる。しかしながら、需要量がゼロとなったとしても、 β_p / β_y が残ることから、効用水準が環境質の変化から影響を受けないという弱補完性の仮定が満たされない。そのため、本研究では、式(26)'内の β_p / β_y を控除した形で便益計測を行う。そのため、擬似的支出関数は式(27)、擬似的間接効用関数は式(28)として再定義される。

$$\tilde{e}(\cdot) = U \exp \left(\frac{\beta_y (Q + \beta_p p + \beta_d d)}{\beta_p} \right) - \frac{1}{\beta_y} (\beta_0 + Q + \beta_p p + \beta_d d) \quad (27)$$

$$\tilde{U} = \frac{1}{\beta_y} x(\cdot) \exp \left(- \frac{\beta_y (Q + \beta_p p + \beta_d d)}{\beta_p} \right) \quad (28)$$

式(28)として表現された擬似的間接効用関数を見ると、需要量がゼロの場合、効用水準は環境質の変化から影響を受けないことが分かる。

最後に、式(27)の擬似的支出関数ならびに式(20)のTVの定義を考慮すると、便益計測式が式(29)として導出される。

$$TV \equiv e(1, p^*, V^*, q^{**}) - e(1, p^*, V^*, q^*) \quad (20)[再掲]$$

$$= \tilde{U}^s \exp(\beta_y p^*) \left[\frac{\exp \left(\frac{\beta_y (Q^{**} + \beta_d d)}{\beta_p} \right)}{-\exp \left(\frac{\beta_y Q^* + \beta_d d}{\beta_p} \right)} - \frac{1}{\beta_y} (Q^{**} - Q^*) \right] \quad (29)$$

$$Q^* = \{q^* - (\alpha_{PSW} PSW + \alpha_{PSF} PSF + \alpha_{PFG} PFG)\}^2$$

ここで、選好のタイプは γ_j の利用目的を表す変数から表現されていることから、 $PSW = 1$ 、 $PSF = 0$ 、 $PFG = 0$ とした場合は海水浴を目的としたタイプの便益を表現する式となり、 $PSW = 0$ 、 $PSF = 1$ 、 $PFG = 0$ とした場合はサーフィンを目的としたタイプの便益を表現する式となり、 $PSW = 0$ 、 $PSF = 0$ 、 $PFG = 1$ とした場合は釣りを目的と

したタイプの便益を表現する式となる。

他の変数について、価格 p 、所得 y 、個人属性 d は観測されたデータの平均値を用い、各 β および α は推計されたパラメータの値を用いることで、各選好のタイプごとのTVを計測することができる。

(3) データ

推計には、2007年度における宮城県の海水浴場に対する利用状況のデータ、旅行費用算出のための地図データ、および宮城県において公開されている海水浴場の水質データを用いる。

まず、海水浴場に対する利用状況はインターネットを通じたサンプリングにより行われ、水質調査の結果が公表されている海水浴場26箇所に対する989サンプルの利用状況のデータを収集しているため、従属変数として、各海水浴場に対する過去一年間(2006年10月~2007年9月まで)の訪問回数(x_{ij})、独立変数として、世帯所得(y_i)、個人属性として、性別(GND_i)、年齢(AGE_i)、結婚(MAR_i)の有無、訪問目的のデータ(PSW_{ij} , PSF_{ij} , PSG_{ij})を用いる。

まず、訪問回数のデータは各海水浴場に対する訪問回数を回答してもらい、訪問経験のない海水浴場に対する利用回数を0として26×989行となる列ベクトルとして集計した。

次に、所得 y (単位:円)のデータは、100万円未満(500)、100~200万円未満(1500)、200~400万円未満(3000)、400~600万円未満(5000)、600~800万円未満(7000)、800~1000万円未満(9000)、1000~1200万円未満(11000)、1200~1400万円未満(13000)、1400~1600万円未満(15000)、1600万円以上(1600)なる選択肢に回答してもらい、推計には、括弧内の値として変換し、同様に、26×989行の列ベクトルを構築した。

次に、性別、年齢、結婚の有無について解答してもらい、26×989行の行ベクトルを構築した。

最後に、訪問目的として、海水浴、サーフィン、釣り、ドライブの一環、花火、その他海水浴場を利用した遊戯について質問し、水質と関連性が深いと考えられる海水浴(PSW)、サーフィン(PSF)、釣り(PFG)について、海水浴場の利用目的として回答された場合を1、その他を0とする目的のダミー変数を作成した。なお、訪問していない海水浴場の利用目的は0としている。

次に、旅行費用 p (単位:円)のデータ作成のため、調査時に収集した郵便番号から、PC用ソフト「ゼンリン電子地図帳 Zi PROFESSIONAL」を用い、世帯の居住地から各海水浴場までの距離および時間を測定し、{距離単価×距離(km)+時間単価 10(円/分)×交通時間(分)}×2として算出した。距離単価は、2006年10月~2007年9月までのガソリン平均価格 139.08(円)/平均燃費

表-1 基本統計量

変数	x	p	y	q	GND
平均値	0.1808	5968	5473344	2.3800	0.5694
標準偏差	0.6065	3761.2	2943744	0.6731	0.4951
変数	AGE	MAR	PSW	PSF	PSG
平均値	37.77	0.6279	0.0916	0.0026	0.0081
標準偏差	9.3197	0.4833	0.2885	0.0510	0.0898

表-2 推計結果

	推計量	標準誤差	P-値
β_0	7.45E-01	1.87E-02	0.000
β_p	-5.21E-05	1.02E-06	0.000
β_v	6.10E-09	1.29E-09	0.000
β_q	-6.04E-02	1.01E-03	0.000
β_{GND}	1.76E-02	7.60E-03	0.020
β_{AGE}	1.01E-03	4.41E-04	0.021
β_{MAR}	-7.24E-03	8.35E-03	0.385
α_{PSW}	2.50	0.154	0.000
α_{PSF}	2.44	1.07	0.022
α_{PSG}	2.62	0.522	0.000
対数尤度	-18514.05	-	-
擬似決定係数	0.107	-	-

9.7(km/l)としている。ガソリン平均価格は(財)日本エネルギー経済研究所のデータから計測し、燃費は国土交通白書 2007 年度にある 2006 年度の実走行燃費の値を用いている(同 図表 I-2-1-5)。また、交通時間は、ソフトの初期値となる平均走行速度 30km/時、高速道路 80km/時の値を用いて計測された値である。

最後に、環境質 q の指標として、宮城県で公開されている水質調査から COD(mg/L)に関するデータを利用した。COD 値は基本的にその値が小さいほど、水質の汚染度が小さいことを意味する指標である。

結果として、欠損値を除く標本数は 22584 であり、その基本統計量を表-1 に示す。ここで、環境質の標準偏差の値が小さく、推計結果の検出力となっているものの、本調査では、公表されたすべての海水浴場について調査を行っているため、これ以上の環境質のデータを収集することは困難なこと、ならびに、3 章第 1 節で述べたように、より適切な指標が存在する可能性もあることから、本実証分析については、一つの事例として考えていただきたい。

最後に、推計には、統計ソフト R にある非線形最小二乗法を行う関数 `nlm` を用い、すべてのパラメータの初期値を 1 として推計を行っている。

(4) 推計結果と関数形の確認

推計結果を表-2 に示す。結婚の有無を表す MAR の p -値が高い値を示しているものの、その他の推計量につい

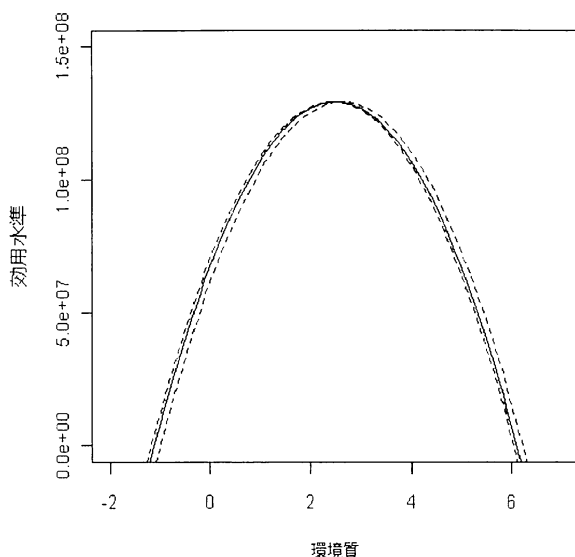


図-3 効用関数

ては、5%以下の値となっている。また、 $\beta_p < 0$ 、 $\beta_v < 0$ および $\beta_q < 0$ となっていることから、本章第一節で示した条件は満たされている。

(5) 数値シミュレーション

本章では、環境質 q 以外の変数およびパラメータを表-1 中の平均値および表-2 の推計結果から与えることで、擬似的間接効用関数(式(28))、擬似的支出関数(式(27))、 TV について、環境質を変数とした関数(式(29))とみなすことで、シミュレーションを行い、各タイプの関数の形状が理論分析と整合的な結果となっているか否かを確認する。なお、需要関数は、推計モデル自体が二次関数を含んでいるため、確認せず、また、 TV は $q^* = 2.38$ とし、 q^* の変化と TV の対応関係を計測する。

擬似的間接効用関数では、海水浴を目的として利用するタイプの効用関数を U_{PSW} 、サーフィンを目的として利用するタイプの効用関数を U_{PSF} 、釣りを目的として利用するタイプの効用関数を U_{PSG} として示す。同様に、支出関数は E_{PSW} 、 E_{PSF} および E_{PSG} であり、 TV は TV_{PSW} 、 TV_{PSF} および TV_{PSG} である。

まず、効用関数の形状を図-3 に示す。頂点の位置は、式(24)から、利用目的の推計パラメータの値に等しく、海水浴を目的とした場合の頂点の位置は横軸上の 2.50、サーフィンを目的とした場合の頂点の位置は横軸上の 2.44、釣りを目的とした場合の頂点の位置は横軸上の 2.62 である。そのため、真ん中にある実線が U_{PSW} であり、その左に位置する点線が U_{PSF} 、右に位置する点線が U_{PSG} である。図-1 と比較すると分かるように、頂点の位置が異なることで、各選好のタイプの効用関数が表現されている。

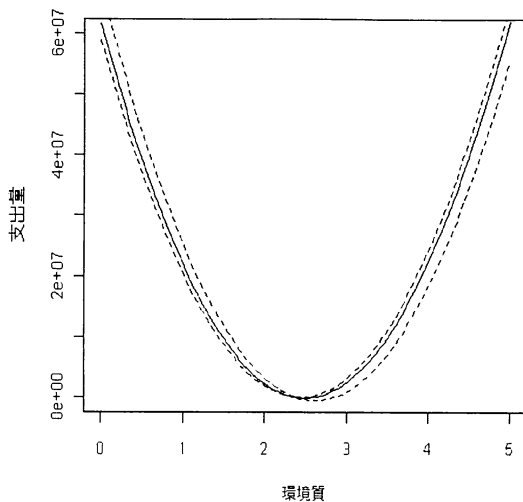


図-4 擬似的支出関数

次に、擬似的支出関数を図-4 に示す。図-2 にある支出関数の形状と同一のものとなり、頂点の位置から、真ん中にある実線が U_{PSW} であり、その左に位置する点線が U_{PSF} 、右に位置する点線が U_{PSG} である。

擬似的効用関数および擬似的支出関数が単峰型選好を仮定した場合の理論モデルと同じ性質を有していることが確認されたため、TVの計測を行うことができる。

その結果を図-5 に示す。まず、頂点の位置から、真ん中にある実線が TV_{PSW} であり、最も頂点の低い点線が TV_{PSF} 、最も頂点の高い点線が TV_{PSG} である。擬似的間接効用関数とは異なり、頂点の高さが異なっていることが分かる。

次に、単純化のため、環境改善 (q の減少) に注目して議論を行う。第3章第2節の議論を用いると、プロジェクト無しの環境質の水準 $q^{no} = 2.38$ は、計測されたどの頂点の横軸の位置よりも小さい値となっているため、 $q^{no} = q^* = 2.38$ および $q^* = \bar{q}$ の水準において便益は 0 となり ($\bar{q}$ は $e(\cdot, q^{no}) = e(\cdot, \bar{q})$ となる環境質の水準)、 $q^{no} < q^* < \bar{q}$ の範囲において便益は正值となり、 $q^{no} > q^*$ および $\bar{q} < q^*$ の水準では負値となっている。これは、環境改善の場合、正の便益が計測されるという通常の便益理論とは逆の結果が得られたことを意味している。第3章第2節で議論したように、単峰性を仮定した場合、環境水準の上昇が正の便益となるとは限らない。今回のケースは、(環境質の水準の減少が効用に正の影響を与えることを仮定していることから)、第3章第2節における $\bar{q} < q^{no} < q^*$ の場合に相当し、環境改善から発生する便益が負値として計算されている。別のケースとして、 $q^{no} = 2.55$ として、TVを計測した結果を図-6 に示す。頂点の位置から、実線が TV_{PSW} であり、最も頂点の低い点線が TV_{PSG} 、最も頂点の高い点線が TV_{PSF} である。この場

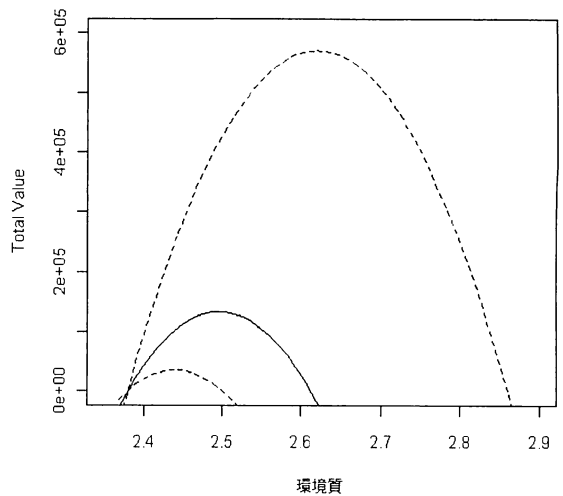


図-5 Total Value

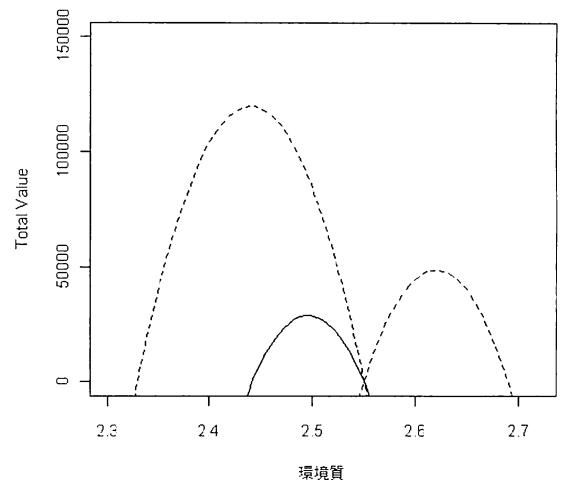


図-6 $q^{no} = 2.55$ とした場合

合、 $q^{no} = q^* = 2.55$ および $q^* = \bar{q}$ の点において便益は 0 となり、 TV_{PSW} および TV_{PSF} について、 q^{no} から $\bar{q}$ までの水準では環境質の上昇に対し、便益は正值となり、 TV_{PSG} は負値となる。このことから、単峰性を仮定した場合、プロジェクト無しの状態の環境質の水準に応じて TV の関数の位置が異なり、また、環境質の変化に対応した便益の値も異なることになる。

(6) 中位投票者定理の利用可能性に関する考察

本研究では、家計の行動モデルを通し、単峰型選好が便益に与える影響についてシミュレーションを行った。通常、表明選好法による便益計測では、計測された便益の中央値を用いるため、たとえば、図-6 において、 $q^{no} = 2.55$ から $q^* = 2.50$ となる環境改善プロジェクトを考える。この場合、便益の中央値は TV_{PSW} となるが、こ

表-3 各政策における各タイプの便益

政策	2.50	2.44	2.62
TV_{PSW}	28713	-2114	-123055
TV_{PSF}	84233	119804	-200334
TV_{PSG}	-93768	-271622	48515

の便益は指示されうるか否かを確認する必要がある。

各政策と便益の関係を表-3に示す。政策は各タイプの選好の頂点となる水準とし、各水準における各タイプの便益を計測した。結果として、 $q^{**} = 2.55$ から $q^* = 2.50$ となる政策は、サーフィンを目的として利用する個人にとって、二番目に便益が高く、また、釣りを目的として利用する個人にとっても二番目に便益が高くなることから、この政策は過半数から支持されることになる。

ここで、あくまで本研究のモデルではあるが、適用上の課題として、環境質の水準に応じて、 TV の関数の位置および環境変化に対する便益値の値が変化することから、評価値の計測に中央値を用いることには十分注意する必要があると考えられる。また、このシミュレーションについても本研究の評価対象・関数形で得られた結果であり、他の評価対象を用いた実証分析の蓄積が必要である。

5. おわりに

本研究では、単峰型の選好を仮定した理論と実証分析を行い、実用可能性についてまとめることを目的としている。

本研究の知見として、単峰型選好を想定した場合、環境改善が正の便益とならない場合があること、また、あくまで一つの事例ではあるが、推計モデルにより、関数系を確認し、便益の観点から、中位投票者定理を用いた便益計測の事例を示すことができた。

他方、実用上の問題もある。特に、プロジェクト無し of 環境質の水準に応じて、計測される便益の値の傾向が異なる可能性があり、この点を改善しない限り、実用上は単峰性を仮定し、中央値を計測、中位投票者低利に基づき、合意形成が得られる値とする議論は難しいと考えられる。

謝辞:本研究は、(財)クリタ水・環境科学振興財団『水環境利用下でのリスク認知を考慮した環境改善便益の評価研究』(登録番号 20168)により行われた。ここに記して感謝する。なお、本研究にあり得る過ちは筆者に帰するものである。

参考文献

- 1) Arrow, K.R., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Radner R. and Schuman, H.: Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, *Federal Register*, Vol. 58, pp.4602-4614, 1993.
- 2) Schläpfer, F. and Nick Hanley, N: Contingent Valuation and Collective Choice, *Kyklos*, Vol. 59, No. 1, pp.115-135, 2006.
- 3) Bockstael, N and McConnell, K.E.: *Environmental Valuation with Revealed Preferences*, Kluwer Academic Pub., 2005.
- 4) Shrestha, R.K., Seidl, A.F., and Moraes, A.S.: Value of Recreational Fishing in the Brazilian Pantanal: A Travel Cost Analysis using Count Data Models, *Ecological Economics*, Vol.42, No.1-2, pp.289-299, 2002.
- 5) Bilgic, A and Florkowski, W.J. : Application of a Hurdle Negative Binomial Count Data Model to Demand for Bass Fishing in the Southeastern United States, *Journal of Environmental Management*, Vol. 83, No.4, pp.478-490, 2007.
- 6) Bin.O., Landry, G.E., Ellis, C.L., and Vogel song, H: Some Consumer Surplus Estimates for North Carolina Beaches, *Marine Resource Economics*, Vol.20, No.2, pp.145-161, 2005.
- 7) Hausman, J.A: Exact Consumer's Surplus and Deadweight Loss, *American Economic Review*, Vol.71, No.4, pp.662-676, 1981.
- 8) Larson D.M.: Recovering Weakly Complementary Preferences, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.21, No.2, pp.97-108, 1991.
- 9) von Haefen, R.H.: Empirical Strategies for Incorporating Weak Complementarity into Consumer Demand Models, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.54, No.2, pp.15-31, 2007.
- 10) Borcharding, T.E. and Deacon, R.T.: The Demand for the Service of Non-Federal Governments, *American Economic Review*, Vol.62, No.5, pp.891-901, 1972.
- 11) Bergstrom, T.E. and Goodman, R.P.: Private Demand for Public Goods, *American Economic Review*, Vol. 63, No.3, pp.280-296, 1993.
- 12) Schläpfer, F., Deacon, R.T. and Hanley, N.: A Note on the Measurement of Bias in Stated Willingness to Pay for Public Goods, *Kyklos*, Vol.58, No.1, pp.145-152, 2005.
- 13) 浅野耕太・児玉剛史: CVM における代表値の選択, 農村計画論文集, 農村計画学会, Vol.2, pp. 49-54, 2000.
- 14) Flores, N. E.: Conservation Reconsidered, The Economics of Natural Environments, and Our Understanding of Environmental Preferences, *World Congress for Environmental Economists*, Monterrey, California, 2002.
- 15) Mäler, K.G: *Environmental Economics: A Theoretical Inquiry*, John Hopkins Press, 1974.

AN ENVIRONMENTAL VALUATION METHOD WITH SINGLE PEAKED PREFERENCE - AN APPLICATION FOR THE TRAVEL COST METHOD-

Tadahiro OKUYAMA

In environmental valuation studies, it sometimes suggested that the median value should be used for the representative value of benefit analysis because it is a value to obtain a political agreement from majority. In short, the reason is the median voter theorem. Mainly, this is discussed in stated preference method. however, it is rare to discuss in the revealed preference method because the single peaked preference which is a main assumption of median voter theorem is not assumed generally. Thus, this paper is to summarize the matters of benefit analysis with single peaked preference and to consider an application study of median voter theorem in the travel cost method.