

選択型実験による廃棄物最終処分場の 設置に伴う外部費用の推計⁽¹⁾

——選好の多様性に注目して——

柘 植 隆 宏
笹 尾 俊 明

1. はじめに

廃棄物最終処分場（以下、処分場という）は、悪臭やほこりの発生、運搬車の走行に伴う騒音や大気汚染、メタンガスをはじめとした有害物質の放出、有害物質の漏出による水源や土壌の汚染、森林伐採や干潟の埋立てによる生態系破壊といったさまざまな環境問題の原因となりうるため、周辺住民から嫌悪される迷惑施設（not in my backyard: NIMBY）となっている。処分場が周辺住民の生活や周辺の自然環境に及ぼす悪影響は、経済学的には外部費用ととらえることができる。社会的な観点から処分場設置の効率性を検討するためには、これらの外部費用を費用便益分析などに反映することが必要である。

そこで、環境経済学の分野では、環境評価手法あるいは非市場評価手法と呼ばれる手法を用いて、これらの外部費用を貨幣単位で評価する取り組みが行われてきた⁽²⁾。処分場を含む廃棄物処理施設に関する外部費用の評価には、

(1) 本稿は、科学研究費補助金奨励研究(A) (課題番号13780444) および旭硝子財団研究助成(人文社会科学系奨励研究)による研究成果の一部である。

(2) 環境評価手法に関しては、栗山・庄子(2005)、柘植他(2011)を参照されたい。

主に廃棄物処理施設と地価の関係から分析を行うヘドニック法とアンケートを用いて支払意志額や受入補償額を尋ねる仮想評価法 (contingent valuation method: CVM) が用いられてきたが、近年はコンジョイント分析を用いた研究も行われている。コンジョイント分析は、CVM と同様にアンケートを用いる方法であるが、属性単位の評価が可能であるため、廃棄物処理施設の設置に伴う様々な影響の価値を個別に評価することができる。コンジョイント分析を用いた先行研究には、Opaluch et al. (1993), Garrod and Willis (1998), 笹尾 (2002), Sasao (2004a), Sasao (2004b), 柘植・笹尾 (2006), 笹尾 (2011) ⁽³⁾ などがあ

柘植・笹尾 (2006) は、盛岡市の既存の一般廃棄物最終処分場と同規模の処分場が新たに設置されると想定し、その立地条件を属性としたコンジョイント分析 (質問形式は選択型実験) を行い、条件付きロジットモデル (conditional logit model) により、付近の民家数 1 軒、付近の農地面積 1 ヘクタール、森林伐採面積 1 ヘクタール、水源地の存在に対する評価額を求めた。しかしながら、この分析では、個人間で選好が同質であることが仮定されていた。近年、環境評価の分野では、個人間での選好の多様性を考慮した分析を行うことの重要性が多く ⁽⁴⁾ の研究で示されている。そこで、本稿では、柘植・笹尾 (2006) のデータに対してランダムパラメータロジットモデル (random parameter logit model) と潜在クラスモデル (latent class model) を適用し、選好の多様性に焦点を当てた分析を行う。

(3) 廃棄物処理施設に関する評価事例に関しては、栗山 (2002) と笹尾 (2011) が詳しい。ヘドニック法と CVM を用いた先行研究に関しては、これらの文献を参照されたい。

(4) 選好の多様性を把握するための分析方法に関しては、三谷他 (2005)、栗山他 (2011) が詳しい。なお、廃棄物処理施設に関する研究では、笹尾 (2011) が広域処理施設の評価において、後述のランダムパラメータロジットモデルと潜在クラスモデルを用いて、選好の多様性を考慮した分析を行っている。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

本稿の構成は以下の通りである。第2節では、本稿で使用するデータを収集するために実施したアンケート調査の概要を述べる。第3節では、本稿で用いる条件付きロジットモデル、ランダムパラメータロジットモデル、潜在クラスモデルについて説明を行う。第4節では、それぞれのモデルによる推定結果を報告する。第5節では、得られた結果を整理し、今後の研究課題を述べる。

2. アンケート調査の概要

以下では、本稿で使用するデータを収集するために実施したアンケート調査の概要について、柘植・笹尾（2006）の内容を要約して紹介する。

アンケート調査では、盛岡市の既存の一般廃棄物最終処分場と同規模の処分場が新たに設置されると想定し、その立地条件を属性とした選択型実験を行った。選択型実験とはコンジョイント分析の一形態であり、複数の選択肢の中から最も望ましいものを1つ選択してもらう質問形式である。ここで想定した処分場は、以下のようなものである。

種類	排水処理施設などを備えた管理型処分場
面積	約9万平方メートル（9ヘクタール）
容量	約100万立方メートル
運営期間	約15年間
受け入れ廃棄物	焼却灰や資源化できなかったガラス・ビンくず。ただし、産業廃棄物を受け入れる場合は建設廃材などのがれき類を含む

表1 想定される処分場

出所) 柘植・笹尾（2006）

属性は、笹尾（2002）を参考に、処分場の立地選定を行う上で重視されると考えられる、「付近の民家数」、「付近の農地面積」、「森林伐採面積」、「水源地の有無」の4つと、貨幣評価を行うために必要となる「負担額（1回限

りの特別税)」の5つを用いた。ここで、「付近」とは、処分場設置予定地の中心から半径1kmの範囲を指す。また、水源地の有無は、処分場設置予定地の下流1km以内に水道用水源地が存在するか否かを表している。水源地の有無に関してはあり・なしの2水準、残りの4つの属性については4水準を設定した。属性と水準の設定をまとめたものが表2である。

属性	水準1	水準2	水準3	水準4
負担額(特別税)	1,000円	3,000円	8,000円	15,000円
民家数	0軒	100軒	400軒	1200軒
農地面積	0ヘクタール	40ヘクタール	80ヘクタール	160ヘクタール
森林伐採面積	0ヘクタール	30ヘクタール	60ヘクタール	120ヘクタール
水源地の有無	なし	あり		

表2 属性と水準の設定

出所) 柘植・笹尾(2006)

各属性の水準を直交配列にしたがって組み合わせることで32種類のプロファイルを作成し、その中からランダムに選んだ3つのプロファイルに、それらがいずれも望ましくないときに選択する「どれともいえない」を加えて1つの選択肢集合とした。ここで、各プロファイルは仮想的な処分場設置計画案を表している。回答者には選択肢集合の中から最も望ましいと思われる計画案を1つ選択してもらった。調査に用いた質問は図1のようなものである。このような質問を1人の回答者につき8回繰り返した。

岩手県盛岡市と周辺7町3村(旧安代町・旧松尾村・旧西根町・岩手町・葛巻町・雫石町・滝沢村・旧玉山村・矢巾町・紫波町)を含む県央地区内600世帯を対象に郵送調査を行った。調査対象の世帯は、電話帳データベースからのランダムサンプリングにより決定した。2002年1月31日に調査票を発送し、2月末日に回収を締め切った。回収部数は265部で、回収率は44.2%である。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

問3：以下でくり返し提示される「計画案1」「計画案2」「計画案3」の中で、あなたはどの案が最も望ましいと思われませんか？それぞれの案の各項目についてバランス良く判断していただき、最も望ましい案を1つだけ選んで、その一番下の枠内に○を記入してください。

	計画案1	計画案2	計画案3	
負担額(特別税)	3,000円	15,000円	1,000円	
①民家数	100軒	400軒	100軒	
②農地面積	80ヘクタール	0ヘクタール	40ヘクタール	
③森林伐採面積	0ヘクタール	30ヘクタール	30ヘクタール	
④水源地の有無	なし	なし	あり	どれともいえない
望ましい案に○				

図1 選択型実験の質問例

出所) 栢植・笹尾 (2006)

調査票では、はじめに廃棄物問題の現状と処分場をめぐる問題について説明を行ったうえで、廃棄物問題と処分場に関する認識を尋ねる質問を行った。次に選択型実験で想定する仮想的な処分場とその属性について説明を行ったうえで、選択型実験の質問を行った。最後に、回答者の個人属性に関する質問を行った。

3. 分析方法

3.1 条件付きロジットモデル

以下では、本稿で用いる条件付きロジットモデル、ランダムパラメータロジットモデル、潜在クラスモデルについて説明を行う。⁽⁵⁾これらのモデルはいずれもランダム効用モデルから導出される。

(5) これらのモデルについて、より詳しくは三谷他 (2005) や Train (2009) を参照されたい。本節の内容は、これらの文献を参考にしている。

個人 k が選択肢 i を選択したときの効用を U_{ki} と表す。ランダム効用モデルでは、 U_{ki} は確定項 V_{ki} と誤差項 ε_{ki} から構成されると考える。

$$U_{ki} = V_{ki} + \varepsilon_{ki} \quad (1)$$

個人 k が選択肢集合 C から選択肢 i を選択する確率 P_{ki} は、 U_{ki} が他のいずれの選択肢を選択した場合の効用 U_{kj} よりも大きくなる確率として以下のように表わされる。

$$\begin{aligned} P_{ki} &= \Pr[U_{ki} > U_{kj} \quad \forall j \in C, j \neq i] \\ &= \Pr[V_{ki} - V_{kj} > \varepsilon_{kj} - \varepsilon_{ki} \quad \forall j \in C, j \neq i] \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、誤差項 ε_{ki} が独立で同一なガンベル分布（第一種極値分布）にしたがうと仮定すると、個人 k が選択肢集合 C から選択肢 i を選択する確率 P_{ki} は以下の条件付きロジットモデルで表される (McFadden, 1974)。

$$P_{ki} = \frac{\exp(\lambda V_{ki})}{\sum_{j \in C} \exp(\lambda V_{kj})} \quad (3)$$

ただし、 λ はスケールパラメータであり、通常は 1 に基準化される。効用関数の確定項 V_{ki} のパラメータ（以下、効用パラメータという）は、最尤法により推定される。

効用関数の確定項 V_{ki} には様々な関数形を仮定することができるが、ここでは線形を仮定した場合の評価額の算出方法を説明する。表記の簡単化のため、個人を表す添え字 k と、選択肢を表す添え字 i を省略すると、線形の確定項 V_{ki} は以下のように表される。

$$V = \sum_n \beta_n x_n \quad (4)$$

ただし、 x_n は各属性、 β_n は推定される効用パラメータを表す。 β_n は経済学的には x_n の限界効用と解釈することができる。式 (4) を全微分すると、式 (5) が得られる。

$$\sum_n \frac{\partial V}{\partial x_n} dx_n = dV \quad (5)$$

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

ここで、効用水準を不変 ($dV=0$) とし、属性 1 と負担額以外の属性は変化しない ($dx_n=0, n \neq 1$) と仮定すると、属性 1 に対する評価額は以下のように求められる。この評価額は、経済学的には属性 1 に対する限界支払意志額 (marginal willingness to pay: MWTP) と解釈することができる。

$$MWTP_{x_1} = \frac{d \text{cost}}{dx_1} = - \frac{\partial V / \partial x_1}{\partial V / \partial \text{cost}} = - \frac{\beta_1}{\beta_{\text{cost}}} \quad (6)$$

以下で説明を行うランダムパラメータロジットモデルと潜在クラスモデルについても同様の方法で評価額を求めることができる。

3.2 ランダムパラメータロジットモデル

条件付きロジットモデルでは、すべての個人が同一の効用パラメータを持つこと、すなわち個人間の選好の同質性が仮定されていた。また、任意の 2 つの選択肢の選択確率の比が、他の選択肢から独立に決まるという「無関係な選択肢からの独立 (Independence from Irrelevant Alternatives: IIA)」の性質が満たされていることが仮定されていた⁽⁶⁾。しかしながら、これらの仮定は制約的であるため、近年はこれらの仮定を緩和したランダムパラメータロジットモデルを用いた実証研究が増えている⁽⁷⁾。

ランダムパラメータロジットモデルでは、効用パラメータが確率分布にしたがって個人間で異なることを許容する。したがって、個人 k が選択肢 i を選択したときの効用 U_{ki} は、以下のように表される。

$$U_{ki} = V_{ki}(\beta_k) + \varepsilon_{ki} \quad (7)$$

ここで、添え字の付いた効用パラメータ β_k は個人によって効用パラメータが異なることを表している。 ε_{ki} が独立で同一なガンベル分布にしたがうと

(6) IIA に関して、詳しくは三谷他 (2005)、Train (2009) を参照されたい。

(7) ランダムパラメータロジットモデルは、混合ロジットモデル (mixed logit model) とも呼ばれる。

仮定すると、効用パラメータ β_k を持った個人 k が選択肢 i を選択する確率 $L_{ki}(\beta_k)$ は以下のように表される。

$$L_{ki}(\beta_k) = \frac{\exp(V_{ki}(\beta_k))}{\sum_{j \in C} \exp(V_{kj}(\beta_k))} \quad (8)$$

ここで、各個人の効用パラメータ β_k は観察不可能なため、効用パラメータ β_k の密度に関する条件付きロジットモデルの積分を考える。このとき、個人 k が選択肢 i を選択する確率は以下のように表される。

$$P_{ki}(\Omega) = \int L_{ki}(\beta_k) \cdot f(\beta | \Omega) d\beta \quad (9)$$

ただし、 $f(\beta | \Omega)$ は β の確率密度関数を、 Ω はこの確率密度関数の特徴を表すパラメータのベクトルを表している。推定にあたっては、 β の確率分布を分析者が仮定する。ここでの積分計算は代数的に解けないため、最尤法により推定することはできない。そのため、シミュレーションを用いて積分を近似する方法が用いられる。推定に関する詳細は三谷他 (2005) や Train (2009) を参照されたい。

3.3 潜在クラスモデル

ランダムパラメータロジットモデルを用いることにより、個人間で選好の多様性が存在するかを検証することができる。しかし、選好の多様性が存在することが明らかになったとしても、その多様性をもたらす要因は明らかにされない。そこで、本稿では潜在クラスモデルを用いて、選好の多様性をもたらす要因を分析する。潜在クラスモデルは、個人を選好の同質な個人からなるいくつかのグループ（以下、クラスという）に分類し、各クラスに固有の効用パラメータを推定する。この際、年齢、性別、所得などの個人属性と態度や動機などの心理的な潜在変数を説明変数とするメンバーシップ関数を推定することで、選好の多様性が生じる要因を分析することができる。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

S 個のクラスが存在し、個人 k があるクラス s ($s=1, \dots, S$) に所属する場合、個人 k が選択肢 i を選択したときの効用はランダム効用モデルにより以下のように表される。

$$\begin{aligned} U_{ki|s} &= V_{ki|s} + \varepsilon_{ki|s} \\ &= \beta'_s \mathbf{x}_{ki} + \varepsilon_{ki|s} \end{aligned} \quad (10)$$

このとき、クラス s における選択肢 i の選択確率は以下のように表される。

$$P_{ki|s}(i) = \frac{\exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{ki})}{\sum_{j \in C} \exp(\mu_s \beta'_s \mathbf{x}_{kj})} \quad (11)$$

ここで、 β_s と μ_s はそれぞれクラス s に固有の効用パラメータとスケールパラメータである。

Swait (1994) と Boxall and Adamowicz (2002) にしたがって、個人をいずれかのクラスに分類するメンバーシップ関数 M^* を考える。メンバーシップ関数の説明変数 z_k としては、年齢、性別、所得などの個人属性と態度や動機などの心理的な潜在変数が用いられる。個人 k がクラス s に所属するとき、メンバーシップ関数は以下のように表される。

$$M_{ks}^* = \gamma'_s z_k + \varsigma_{ks} \quad (12)$$

ただし、 γ_s と ς_{ks} は、それぞれ推定されるパラメータと誤差項を表す。誤差項 ς_{ks} が独立で同一のガンベル分布にしたがうと仮定すると、個人 k がクラス s に分類される確率 P_{ks} は以下のように表される。

$$P_{ks} = \frac{\exp(\lambda \gamma'_s z_k)}{\sum_{s^*=1}^S \exp(\lambda \gamma'_{s^*} z_k)} \quad (13)$$

ただし、 λ はスケールパラメータ、 s^* はクラスを表す添え字、 s はある特定のクラスを表す。1つのクラスのパラメータを基準として推定を行うため、基準となるクラスのパラメータはゼロと設定される。したがって推定されるパラメータ γ_s は基準となるクラスに対する相対的なパラメータと解釈され

る。

潜在クラスモデルにおいて、個人 k が選択肢 i を選択する確率 $P_k(i)$ は、式(11)と式(13)を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned}
 P_k(i) &= \sum_{s=1}^S P_{ks} \cdot P_{k|s}(i) \\
 &= \sum_{s=1}^S \left[\frac{\exp(\lambda \gamma'_s z_{ki})}{\sum_{s'=1}^S \exp(\lambda \gamma'_{s'} z_{ki})} \right] \left[\frac{\exp(\mu_s \beta'_s x_{ki})}{\sum_{j=C} \exp(\mu_s \beta'_s x_{kj})} \right] \quad (14)
 \end{aligned}$$

4. 分析結果

4.1 条件付きロジットモデルによる推定

柘植・笹尾（2006）では、各属性を連続変数とし、効用関数の確定項に線形を仮定したモデルと民家数の2次の項を含めたモデルについて推定を行った。その結果、民家数に対する評価は非線形であること、具体的には、民家数の増加にしたがい効用は低下するが、1軒増加することによる効用の低下の程度は民家数の増加にしたがって減少していくことを明らかにした。本稿では、各属性の各水準に対する評価をさらに詳細に分析するため、負担額以外の属性については連続変数として扱わず、水準ごとにダミー変数を設定して推定を行う。すなわち、本稿では効用関数の確定項 V に以下のような関数形を仮定する。ここでは、表記の簡単化のため、回答者を表す添え字 k と、選択肢を表す添え字 i を省略する。

$$\begin{aligned}
 V &= ASC + \beta_1 house_{100} + \beta_2 house_{400} + \beta_3 house_{1200} + \beta_4 farm_{40} \\
 &\quad + \beta_5 farm_{80} + \beta_6 farm_{160} + \beta_7 forest_{30} + \beta_8 forest_{60} + \beta_9 forest_{120} \\
 &\quad + \beta_{10} water + \beta_{11} cost \quad (15)
 \end{aligned}$$

ASC は選択肢固有定数 (alternative specific constant: ASC) であり、特定の選択肢を選択したときに 1、その他の選択肢を選択したときに 0 をとる。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

たとえば選択肢1のASCは、個人が選択肢1を選択したときのみ1をとり、その他の選択肢を選択したときは0をとる。同様に、選択肢2のASCは個人が選択肢2を選択したときのみ1をとり、選択肢3のASCは、個人が選択肢3を選択したときのみ1をとる。

$house_{100}$ は付近の民家数が100軒の場合に1をとり、それ以外の場合に0をとるダミー変数である。 $house_{400}$ と $house_{1200}$ はそれぞれ付近の民家数が400軒の場合に1をとるダミー変数と1200軒のときに1をとるダミー変数である。付近の民家数が0軒の場合を基準として推定を行うため、 $house_0$ は式に含まれない。

$farm$ は付近の農地面積、 $forest$ は森林伐採面積を表し、 $house$ と同様に水準ごとのダミー変数を設定する。 $water$ は下流1km以内に水道用水源が存在するとき1、存在しないとき0をとるダミー変数を表す。 $cost$ は負担額を表す。 β_1 から β_{11} は推定される効用パラメータである。

アンケートへの回答者数が265人なので、理論上は $265 \times 8 = 2120$ の回答が得られることになる。しかし、そのうち無回答が208(9.8%)あったので、有効回答数(分析に使用するサンプル)は1912となった。条件付きロジットモデルの推定結果は表3の通りである。

民家数に関しては、100軒、400軒、1200軒のいずれもがマイナスに有意となった。ダミー変数の基準は0軒であるため、それぞれの水準の係数は、0軒の場合と比較して効用がどれだけ低下するかを表している。水準が大きくなるほど、係数の絶対値も大きくなっていることから、付近の民家数が増えるほど効用が低下することがわかる。ただし、追加的な1軒あたりの効用の低下分は逓減している。ここから付近の民家数に対する評価は非線形であることがわかる。

農地面積に関しては、40ヘクタールは有意ではなかった。これは、40ヘクタールに対する評価とダミー変数の基準である0ヘクタールに対する評価に

		係数 (t 値)		評価額(円)
民家数	100軒	-0.4200	(-4.143)***	-10897.7
	400軒	-0.6000	(-5.649)***	-15570.1
	1200軒	-0.9677	(-8.838)***	-25110.7
農地面積	40ヘクタール	0.0905	(0.886)	0
	80ヘクタール	-0.2200	(-2.008)**	-5709.2
	160ヘクタール	-0.4051	(-3.369)***	-10512.4
森林伐採面積	30ヘクタール	0.0308	(0.291)	0
	60ヘクタール	-0.0167	(-0.163)	0
	120ヘクタール	-0.1832	(-1.858)*	-4754.1
水源地の存在		-1.3687	(-17.000)	-35517.0
ASC1		0.6377	(4.173)***	16548.5
ASC2		0.8370	(5.375)***	21719.1
ASC3		0.3826	(2.456)**	9928.3
負担額		-0.3854×10^{-4}	(-5.127)***	-
サンプル数		1912		
対数尤度		-2240.436		
尤度比指数		0.1043		

注) ***は1%水準で有意, **は5%水準で有意, *は10%水準で有意であることを表す。

表3 条件付きロジットモデルの推定結果

有意な差がないことを意味する。80ヘクタールと160ヘクタールはマイナスに有意であり、係数の絶対値は160ヘクタールの方が大きい。これらの結果から、人々はある程度の農地が処分場付近に存在することは許容するが、ある面積以上になると望ましくないと評価し、それ以上は面積が増えるほど効用が低下することがわかる。

森林伐採面積に関しては、30ヘクタールと60ヘクタールは有意ではなかった。これは、30ヘクタールに対する評価と60ヘクタールに対する評価は、ダミー変数の基準である0ヘクタールに対する評価と有意な差がないことを意

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

味する。120ヘクタールはマイナスに有意であった。これらの結果から、森林に関しても人々はある程度の伐採は許容するが、ある面積以上になると望ましくないと評価することがわかる。

水源地の存在は、マイナスに有意となった。係数の絶対値が大きいことから、水源地上流への処分場設置がもたらす効用の低下が大きいことがわかる。調査では水道用水源地を想定しているため、この結果は処分場からの排水によって水道水が汚染されることに対する強い抵抗感を表していると解釈することができる。

ASC1 から3は、それぞれ選択肢1から3を選択したときに得られる効用のうち、属性に起因する部分を取り除いた分を表す。ASC1 から3がプラスに有意となったことは、「どれともいえない」を選択した場合と比較して、選択肢1から3を選択した場合の方が高い効用が得られることを表している。

負担額の係数はマイナスに有意となった。このことは、負担額が高くなるほど効用が低下することを意味する。

表3の「評価額」の列には、推定された効用パラメータに基づいて算出された評価額が示されている。水源地の存在の評価額が高いことから、人々が水源地上流への処分場設置を回避することを強く望んでいることがわかる。付近の民家数の評価額も高い。これらのことから、人々は処分場周辺に居住する住民の生活や健康への悪影響を回避することを重視していることがわかる。これに対して、付近に農地が存在することや森林伐採が行われることに関してはある程度は許容していることから、処分場の設置場所としては、付近に水源地や民家が存在する場所よりも、農地や森林が存在する場所の方が適当であると考えているものと推測される。一方で、付近の農地面積や森林伐採についても、面積が広いものについては高い評価額が示されていることから、大規模な環境汚染のリスクや環境破壊が発生することは回避したいと考えているものと推測される。選択型実験の前に行った質問において、処分

場を水源地の上流に設置することについては90%の人が「絶対に避けるべきだ」と回答し、処分場を民家の近くに設置することについては51%の人が「民家の全くないところに設置するべきだ」と回答した。⁽⁸⁾これに対し、処分場を農地の近くに設置することについては29%の人が「絶対に避けるべきだ」と回答し、処分場の設置のために森林を伐採することについては10%の人が「絶対に避けるべきだ」と回答した。ここからも、多くの人が水源地の上流や民家の近くに処分場を設置することは回避すべきと考える一方で、農地の近くに設置することや森林伐採が発生することはやむを得ないと考える人が一定程度存在することがわかる。選択型実験の分析結果はこれらの結果と整合的である。

4.2 ランダムパラメータロジットモデルによる推定

次に選好の多様性が存在するかを検証するため、ランダムパラメータロジットモデルによる推定を行う。ランダムパラメータロジットモデルの推定結果は表4の通りである。

負担額以外のすべてのパラメータを正規分布にしたがうランダムパラメータと仮定して推定を行った。また、1人あたり複数回の選択を行っているため、それらの選択における誤差項の相関を考慮することが可能なパネル推定を行った。

条件付きロジットモデルと比較して、モデルの適合度を表す尤度比指数が向上していることから、選好の同質性やIIAといった制約的な仮定を緩和することで、より信頼性の高い結果が得られていることがわかる。

平均パラメータの推定結果から算出された評価額は、条件付きロジットモデルによる評価額と同様の傾向を示しているが、全体的にやや金額が高くなっ

(8) これらの質問項目に対する回答は、4.3節でより詳細に紹介する。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

ランダムパラメータ			
平均パラメータ		係数 (t 値)	評価額(円)
民家数	100軒	-0.8170 (-4.907) ***	-12693.6
	400軒	-1.0963 (-7.017) ***	-17034.6
	1200軒	-1.7744 (-8.820) ***	-27570.2
農地面積	40ヘクタール	0.0627 (0.369)	0
	80ヘクタール	-0.3406 (-2.147) **	-5292.0
	160ヘクタール	-1.0469 (-5.156) ***	-16266.1
森林伐採面積	30ヘクタール	-0.0634 (-0.370)	0
	60ヘクタール	-0.4136 (-2.432) **	-6427.1
	120ヘクタール	-0.4943 (-2.921) ***	-7679.5
水源地の存在		-2.5996 (-12.068) ***	-40392.1
ASC1		1.4809 (6.220) ***	23009.8
ASC2		1.7799 (7.104) ***	27655.6
ASC3		1.3922 (5.975) ***	21631.2
標準偏差パラメータ		係数 (t 値)	変動係数
民家数	100軒	1.3056 (6.236) ***	1.598
	400軒	0.6122 (2.559) ***	0.558
	1200軒	1.1062 (4.199) ***	0.623
農地面積	40ヘクタール	1.3927 (8.565) ***	-
	80ヘクタール	1.1495 (4.305) ***	3.375
	160ヘクタール	1.6055 (8.834) ***	1.534
森林伐採面積	30ヘクタール	1.3326 (6.846) ***	-
	60ヘクタール	1.1378 (5.397) ***	2.751
	120ヘクタール	1.3535 (6.452) ***	2.738
水源地の存在		1.9732 (10.635) ***	0.759
ASC1		1.0226 (7.740) ***	0.691
ASC2		1.2377 (7.185) ***	0.695
ASC3		0.2616 (1.968) **	0.188
固定パラメータ		係数 (t 値)	
負担額		-0.6436×10^{-4} (-6.050) ***	-
サンプル数		1912	
対数尤度		-1959.605	
尤度比指数		0.2165	

注) ***は1%水準で有意, **は5%水準で有意, *は10%水準で有意であることを表す。

表4 ランダムパラメータロジットモデルの推定結果

ている。一方、すべての変数について標準偏差パラメータが有意になっていることから、各変数に対する選好に多様性が存在することがわかる。標準偏差パラメータを平均パラメータの絶対値で割ることで変動係数を求めると、民家数の400軒と1200軒、および水源地の存在に関しては値が小さいことがわかる。このことは、これらに対する評価には個人間でのばらつきが小さいことを意味する。ここから、付近に民家数が多い場所や水源地上流に処分場を設置することを多くの人々が好まないことがわかる。一方、農地面積の80ヘクタール、および森林伐採面積の60ヘクタールと120ヘクタールに関しては変動係数の値が大きい。このことは、これらに対する評価には個人間でのばらつきが大きいことを意味する。付近にある程度の農地が存在することや、ある程度の森林伐採をやむを得ないと考える人とそうでない人が存在するためと考えられる。

4.3 潜在クラスモデルによる推定

ランダムパラメータロジットモデルを用いた分析より、すべての変数について選好の多様性が存在することが明らかとなった。次に、潜在クラスモデルを用いて、選好の多様性が生じる要因を分析する。

メンバーシップ関数の説明変数として、性別、年齢、および選択型実験の前に行った廃棄物問題と処分場に関する質問に対する回答を用いた。⁽⁹⁾ 廃棄物問題と処分場に関する質問は、3つまたは4つの選択肢からあてはまるものを1つ選択して回答する形式であるが、潜在クラスモデルの尤度関数は複雑であり、メンバーシップ関数に多数の変数を含めると推定に失敗することがあるため、ここではこれらの質問に対する回答を以下の方法で集計し、それ

(9) 基本的な個人属性である所得も変数として用いることを検討したが、所得に関する質問は無回答が多く、これを変数として用いるためにはサンプル数を大幅に減らさなければならなかったため、変数として使用しなかった。

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

それを1つの連続変数として扱う。

問 1-1「あなたはリサイクルなどごみを減らすために何らかの努力をしていますか」に関しては、「1. かなりしている」を選択した場合に3 (26%)⁽¹⁰⁾、「2. まあまあしている」を選択した場合に2 (60%)、「3. あまりしていない」を選択した場合に1 (11%)、「4. 全くしていない」を選択した場合に0 (1%)をそれぞれ与え、ごみ減量努力をしているほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問 1-2「あなたはごみ処分場がどのようなものかご存知ですか」に関しては、「1. 実際に見たことがあり、知っている」を選択した場合に2 (56%)、「2. 実際に見たことはないが、(本やテレビで見て)どのようなものか知っている」を選択した場合に1 (35%)、「3. 実際に見たことがなく、どのようなものか知らない」を選択した場合に0 (8%)をそれぞれ与え、ごみ処分場に関する知識を多く持つほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問 1-3「あなたはごみ処分場の必要性についてどのように思われますか」に関しては、「1. もっと増やすべきだ」を選択した場合に3 (9%)、「2. ある程度増やすことはやむを得ない」を選択した場合に2 (71%)、「3. これ以上増やすべきではない」を選択した場合に1 (15%)、「4. わからない」を選択した場合に0 (3%)をそれぞれ与え、ごみ処分場が必要であると強く思うほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問 2-1「一般に、処分場を民家の近くに設置することに対して、あなたはどのように思われますか」に関しては、「1. 民家の全くないところに設置すべきだ」を選択した場合に3 (51%)、「2. 民家の少ないところに設置すべきだ」を選択した場合に2 (42%)、「3. 民家の多いところに設置もやむを得ない」を選択した場合に1 (3%)、「4. わからない」を選択した場合に0

(10) かつこ内の数字は、この選択肢を選択した回答者の比率を表す。比率の合計が100%にならないのは、無回答が存在するためである。

(2%)をそれぞれ与え、処分場を民家の近くに設置することに対して強い抵抗感を持つほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問2-2「処分場を農地の近くに設置することに対して、あなたはどのように思われますか」に関しては、「1. 絶対に避けるべきだ」を選択した場合に3(29%),「2. 可能な限り避けるべきだ」を選択した場合に2(60%),「3. やむを得ない」を選択した場合に1(9%),「4. わからない」を選択した場合に0(1%)をそれぞれ与え、処分場を農地の近くに設置することに対して強い抵抗感を持つほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問2-3「処分場の設置のために森林を伐採することに対して、あなたはどのように思われますか」に関しては、「1. 絶対に避けるべきだ」を選択した場合に3(10%),「2. 可能な限り避けるべきだ」を選択した場合に2(63%),「3. やむを得ない」を選択した場合に1(26%),「4. わからない」を選択した場合に0(1%)をそれぞれ与え、処分場の設置のために森林を伐採することに対して強い抵抗感を持つほど数値が高くなる連続変数として扱う。

問2-4「処分場が水源地の上流に設置されることに対して、あなたはどのように思われますか」に関しては、「1. 絶対に避けるべきだ」を選択した場合に3(90%),「2. 可能な限り避けるべきだ」を選択した場合に2(0%),「3. やむを得ない」を選択した場合に1(5%),「4. わからない」を選択した場合に0(2%)をそれぞれ与え、処分場を水源地の上流に設置することに対して強い抵抗感を持つほど数値が高くなる連続変数として扱う。

潜在クラスモデルの推定にあたっては、先見的にクラス数を決定することはできない。そこで、分析者がクラス数を設定して推定を行い、Akaike information criterion (AIC) や Bayesian information criterion (BIC) などの情報量基準に基づいて最適なクラス数を決定する方法がとられることが多い。本稿では AIC, AIC with a penalty factor of 3 (AIC3), corrected AIC (crAIC), BIC の4つの情報量基準に基づいて最適なクラス数を決定した。それぞれの情報

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計
量基準は以下のように定義される (Kuriyama et al., 2010)。

$$AIC = -2LL + 2K \quad (16)$$

$$AIC3 = -2LL + 3K \quad (17)$$

$$crAIC = -2LL + \frac{2+2(K+1)(K+2)}{N-K-2}K \quad (18)$$

$$BIC = -2LL + K \ln N \quad (19)$$

ここで、 LL は対数尤度、 K はパラメータの数、 N はサンプル数を表す。

それぞれのクラス数の場合の4つの情報量基準の値をまとめたものが表5である。AICとAIC3にしたがうと最適なクラス数は5クラスとなり、crAICとBICにしたがうと最適なクラス数は2クラスとなる。三谷他(2005)で述べられている通り、これまでの研究から、AICは最適なクラス数をやや過大に見積もる傾向があるが、BICにはそのような問題がないことが知られている。そこで本稿ではBICの結果を重視し、2クラスの結果を採用した。

クラス数	K	LL	AIC	AIC3	crAIC	BIC
2	38	-1546.9	3169.9	3207.9	3165.2	3376.6
3	62	-1462.7	3049.3	3111.3	3230.3	3386.6
4	86	-1385.4	2942.8	3028.8	3585.8	3410.7
5	110	-1348.3	2916.6	3026.6	4414.8	3515.1

表5 クラス数の選択に用いた情報量基準

潜在クラスモデルにおいても、ランダムパラメータロジットモデルと同様にパネル推定を行った。メンバーシップ関数の説明変数として使用する変数に欠損がないデータのみを推定に使用するため、サンプル数は1704となった。潜在クラスモデルの推定結果は表6の通りである。尤度比指数の大きさより、信頼性の高い結果が得られていることがわかる。

はじめに効用関数の推定結果を確認する。ほとんどの変数について、クラ

		係数 (t 値)	評価額(円)
効用関数			
クラス1			
民家数	100軒	-0.7095 (-1.654) *	-3465.2
	400軒	-0.7681 (-1.411)	0
	1200軒	-0.5181 (-1.076)	0
農地面積	40ヘクタール	-0.2042 (-0.594)	0
	80ヘクタール	-1.3739 (-1.789) *	-6710.4
	160ヘクタール	-1.6389 (-2.309) **	-8004.4
森林伐採面積	30ヘクタール	-0.3119 (-0.792)	0
	60ヘクタール	-0.1751 (-0.445)	0
	120ヘクタール	-1.1714 (-2.140) **	-5721.1
水源地の存在		-2.2011 (-3.083) ***	-10750.4
ASC1		0.7502 (0.865)	0
ASC2		0.4923 (0.561)	0
ASC3		0.0916 (0.103)	0
負担額		-0.2048×10^{-3} (-2.793) ***	-
クラス2			
民家数	100軒	-0.3875 (-4.481) ***	-11527.8
	400軒	-0.6880 (-7.195) ***	-20464.6
	1200軒	-1.1766 (-12.699) ***	-34997.3
農地面積	40ヘクタール	0.0830 (0.894)	0
	80ヘクタール	-0.3501 (-3.603) ***	-10413.9
	160ヘクタール	-0.4351 (-4.146) ***	-12941.3
森林伐採面積	30ヘクタール	-0.0080 (-0.082)	0
	60ヘクタール	0.0206 (0.218)	0
	120ヘクタール	-0.1818 (-2.306) **	-5407.8
水源地の存在		-1.6362 (-30.499) ***	-48668.5
ASC1		2.8152 (19.582) ***	83740.2
ASC2		3.0411 (19.601) ***	90460.1
ASC3		2.5826 (17.112) ***	76821.7
負担額		-0.3362×10^{-4} (-6.148) ***	-
メンバーシップ関数			
クラス1			
定数項		-1.1486 (-0.744)	-
ごみ減量努力		-0.4895 (-1.775) *	-
処分場の知識		0.0103 (0.179)	-

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

処分場の必要性	-0.5686	(-2.145)**	-
民家の近くに設置することへの抵抗感	0.5834	(2.241)**	-
農地の近くに設置することへの抵抗感	-0.0827	(-0.290)	-
森林伐採への抵抗感	-0.2184	(-0.731)	-
水源地上流に設置することへの抵抗感	0.0484	(0.174)	-
男性	-0.9802	(-2.431)**	-
年齢	0.0425	(2.204)**	-
サンプル数	1704		
対数尤度	-1546.936		
尤度比指数	0.3111		

注) ***は1%水準で有意, **は5%水準で有意, *は10%水準で有意であることを表す。

表6 潜在クラスモデルの推定結果

ス1よりもクラス2の方が評価額が大きくなった。クラス1とクラス2の最も顕著な違いは、クラス1ではASCがいずれも有意でないのに対し、クラス2ではASCがすべてプラスに有意となった点である。ここから、クラス2に所属する人は、「どれともいえない」を選択した場合と比較して、選択肢1から3を選択した場合により高い効用を得ることがわかる。したがって、クラス2は処分場の設置に対してより積極的な層であると考えられる。

次にメンバーシップ関数の推定結果を確認する。各個人がより所属確率の高いクラスに分類されるとした場合、39.5%の人がクラス1に所属し、60.5%の人がクラス2に所属する。メンバーシップ関数に関しては、クラス2を基準とした場合のクラス1の推定結果が示されている。「ごみ減量努力」がマイナスに有意になったことは、ごみ減量努力をしている人ほどクラス1に所属する確率が低くなることを表す。「処分場の必要性」がマイナスに有意になったことは、処分場が必要であると強く思う人ほど、クラス1に所属する確率が低くなることを表す。「民家の近くに設置することへの抵抗感」がプラスに有意になったことは、民家の近くに処分場を設置することへの抵抗

感が高い人ほど、クラス1に所属する確率が高くなることを表す。男性はマイナスに、年齢はプラスになった。これらのことから、女性の方がクラス1に所属する確率が高く、また、年齢が高いほどクラス1に所属する確率が高いことがわかる。

クラス2には処分場の必要性を認識している人が所属する傾向があるが、そのような人は、処分場の設置に対してより積極的であると考えられる。これがクラス2でASCが有意になった主要な原因であると推測される。また、クラス2にはごみ減量の努力をしている人が所属する傾向があるが、そのような人は、ごみ問題に関心が高い可能性が考えられる。ごみ問題に関心が高い人はごみ問題の深刻さを理解しており、処分場の必要性を認識しているかもしれない。そうであるならば、ごみ減量の努力をしている人が所属する傾向があることも、クラス2でASCが有意になった一因であると考えられる。一方で、クラス2では各変数の評価額がより高いことから、処分場の立地条件に関しても強い選好を持っていることがわかる。これに対して、クラス1にはごみ減量の努力をしていない人や、処分場の必要性を認識していない人が所属する傾向がある。これらの人々は処分場の設置に対して必ずしも積極的でないため、クラス1ではASCが有意にならなかったものと推測される。処分場の立地条件に関する選好も、クラス2と比較すると弱い。このようにクラス2は処分場の設置に関心の高い層であり、クラス1は処分場の設置に関心の低い層であると考えられる。

5. お わ り に

本稿では、付近の民家数、付近の農地面積、森林伐採面積、水源地の有無、負担額を属性とした選択型実験を行った柘植・笹尾（2006）のデータにランダムパラメータロジットモデルと潜在クラスモデルを適用して、選好の多様性に焦点を当てた分析を行った。本稿で得られた結果は、以下の3点に要約

される。

第1に、水準ごとにダミー変数を設定して推定を行った結果、周辺の農地面積や森林伐採面積に関しては、比較的小規模な面積を表す水準については有意とならなかった。ここから、処分場の付近に農地が存在することや森林伐採が行われることについて、人々がある程度は許容していることがわかった。一方で、水源地の上流や民家の近くに処分場を設置することについては、人々が強い抵抗を感じるということがわかった。

第2に、ランダムパラメータロジットモデルの推定結果より、負担額以外のすべての変数について、選好の多様性が存在することがわかった。また、選好の多様性の程度より、付近に民家数が多い場所や水源地の上流に処分場を設置することに関しては多くの人が同様に望ましくないと考えのに対し、付近にある程度の農地が存在する場所に処分場を設置することや、ある程度の森林伐採が発生することについては、多様な意見が存在することがわかった。

第3に、潜在クラスモデルの推定結果からは、処分場の設置に関心の低い層と関心の高い層が存在し、後者においてはASCがいずれも有意となること、およびほとんどの変数について評価額が前者よりも高くなることがわかった。

本稿では、選好の多様性に注目することで多数の興味深い結論を得ることができたが、いくつかの分析については今後の課題として残されている。特に重要なものとしては、栗山他（2011）で紹介されているEMアルゴリズムを用いた潜在クラスモデルの推定と、階層ベイズモデルによる推定がある。潜在クラスモデルは尤度関数が複雑で、推定すべきパラメータも多いことから推定に失敗することがあるが、EMアルゴリズムを用いることで、クラス数が多い場合でも推定が可能となる。一方、階層ベイズモデルを用いれば、個人単位で効用パラメータを推定することができるため、個人別に評価額を

求めることができる。これらの分析方法を適用して、選好の多様性をより詳細に分析することが今後の課題である。

参 考 文 献

- Boxall P. C. and Adamowicz W. L. (2002) Understanding heterogeneous preferences in random utility models: A latent class approach. *Environmental and Resource Economics*, 23: 421-446.
- Garrod, G. D. and Willis, K. G. (1998) Estimating Lost Amenity due to Landfill Waste Disposal. *Resources, Conservation and Recycling*, 22(1/2): 83-95.
- 栗山浩一 (2002) 「廃棄物処理と環境評価」中村慎一郎編著『廃棄物経済学をめざして』早稲田大学出版部, 3-31.
- 栗山浩一・庄子康編著 (2005) 『環境と観光の経済評価—国立公園の維持と管理—』勁草書房.
- Kuriyama, K. Hanemann, W. M. Hilger, J. R. (2010) A latent segmentation approach to a Kuhn-Tucker model: An application to recreation demand. *Journal of Environmental Economics and Management*, 60(3): 209-220.
- 栗山浩一・庄子康・三谷羊平 (2011) 「表明選好法の最新テクニック 1: 選好の多様性」柘植隆宏・栗山浩一・三谷羊平編著 (2011) 『環境評価の最新テクニック: 表明選好法・顕示選好法・実験経済学』勁草書房, 27-53.
- McFadden, D. (1974) Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. in P. Zarembka (ed), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, 105-142.
- 三谷羊平・栗山浩一・庄子康 (2005) 「離散選択モデルによる推定手法の新たな展開」栗山浩一・庄子康編著 (2005) 『環境と観光の経済評価—国立公園の維持と管理—』勁草書房, 95-134.
- Opaluch, J. J., Swallow, S. K., Weaver, T. F., Wessells, C. W. and Wichelns, D. (1993) Evaluating Impacts from Noxious Facilities: Including Public Preferences in Current Siting Mechanisms. *Journal of Environmental Economics and Management*, 24(1): 41-59.
- 笹尾俊明 (2002) 「住民の選好に基づいた廃棄物処分場設置のインパクト評価」廃棄物学会論文誌, 13(5): 325-333.
- Sasao, T. (2004a) An estimation of the social costs of landfill siting using a choice experiment. *Waste Management*, 24(8): 753-762.
- Sasao, T. (2004b) Analysis of the socioeconomic impact of landfill siting considering regional factors, *Environmental Economics and Policy Studies*, 6(2): 147-175.
- 笹尾俊明 (2011) 『廃棄物処理の経済分析』勁草書房.
- Swait, J. (1994) A structural equation model of latent segmentation and product choice for cross sectional revealed preference choice data. *Journal of retailing and consumer serv-*

選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計

ices, 1: 77-89.

Train K. E., (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation*. Second Edition. Cambridge University Press.

柘植隆宏・笹尾俊明（2006）「市民の選好を把握するための経済学的手法—廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計を事例として—」原田寛明監修，佐藤徹，増田正，櫻井常矢，友岡邦之編著『地域政策と市民参加 「市民参加」への多面的アプローチ』，ぎょうせい，323-345.

柘植隆宏・栗山浩一・三谷羊平編著（2011）『環境評価の最新テクニック：表明選好法・顕示選好法・実験経済学』勁草書房.