

# 選択実験と CVM による受動的利用価値の計測

環境経済学研究会 1998 年 9 月 16 日  
報告:比較農政学講座(北大農経) 佐藤和夫

Adamowicz ,Boxall, Williams, and Louviere(1998)  
“Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values:  
Choice Experiments and Contingent Valuation”, A.J.A.E. 80 .

## 要旨

この論文では CVM の拡張(または異種)である選択実験(Choice Experiments:CEs)によって、受動的利用価値(Passive Use Values)の計測が試みられる。選択実験は二つ以上の選択肢のある一連の質問によって、環境の状態についての属性ごとの選好を推計するものである。またここでは、CEs と CVM による情報を結合することによって、二つの手法から得られる選好、誤差分散の差異の検定もおこなわれている。

## <イントロダクション>

受動的利用価値(passive use value)は、環境の質などの変化によって生じる経済的価値のうち、観測可能な行動(レクリエーション需要や購買行動の変化など)に反映されない部分と定義される。このため受動的利用価値の計測には、表明選好法(Stated Preference Approach:以下 SP)が用いられる。

SP で最も一般的なものは二肢選択型の CVM だが、この論文では選択実験(Choice Experiments:以下 CE)が用いられる。CEs は二つ以上の選択肢のある一連の質問によって、環境の状態について属性ごとの選好を推計するものである。

CEs はマーケティング、交通問題、心理学などで用いられている。コンジョイント分析(Conjoint Analysis)の発展形でもあるが、典型的なコンジョイント分析とは異なり、回答者はランク付け(ranking)や評定(rating)ではなく、属性の異なる選択肢からの選択を求められる。そのため、ランダム効用理論(random utility theory)と整合性をもつ。

利用価値(Use Value)については CEs によって環境改善の影響を計測した事例があり、有効性を示す結果が得られている。この論文では、受動的利用価値の計測における CEs の適用について考察し、その潜在的な利点について論じられる。

事例分析として、絶滅に瀕している種の保全に関する価値に CVM と CEs を適用する。また、両手法による情報を結合(combine)し、それぞれによる選好と誤差分散(error variance)のテストをおこなう。

結論として、CEs は受動的利用価値の計測において、以下のような理由から多くの利点を有する。

- (1)CEs は対象財の属性間のトレードオフについて、より詳しい描写を提供している
- (2)CEs モデルによる誤差分散は、CVM のそれと有意な差をもたない
- (3)CVM のデータと結合させた結果から、所得の限界効用のパラメータは CVM のものと有意な差をもたない(分散不均一を考慮に入れた場合)
- (4)CEs による厚生計測値は、一般的に CVM の計測値よりも分散が小さい

以上の結果は、CEs は CVM に代わる手法、あるいは補完的な手法として、環境評価において利用可能であることを示唆している。

## <Choice Experiments(p.65)>

経済分析における CE の魅力は、ランダム効用理論に基づいていることである。

また CE は、CVM の一般化とみることでもできる。

- CVM —— 「基礎となるケース」と「他の特定のシナリオ」との間での選択
- CE —— 属性の異なる複数の選択肢からの選択

ただし、CE のシナリオ策定においては、以下の 2 点に労力を要する。

- 適切な属性をもつ、適切なシナリオの構築
- 統計学的なデザイン・メソッドの利用

CE の CVM に対する利点

- CE は属性に基づいているため、属性の価値付けが可能
- 特定の属性へのダメージを「補償する」他の財の量(金銭ではなく)を計算することが可能

「補償する財(compensating “good”)」の概念は、天然資源のダメージ・アセスメントについての議論において、財源問題についての議論を避けるため、またダメージを補償する仕組みとして利用することが提案されている。属性を基礎としたアプローチは、「補償」に求められる財の種類と量を計測するために不可欠である。

こうした多属性の評価は、CVM の質問を繰り返すことでも得ることができる。しかし、かなり多数の質問が必要である上に、そうした試みのデザインにおいて、ある程度の直交性(orthogonality)を維持することは困難。属性間のトレードオフを顕在化させる上では、CE がより有効である。

しかし、CE のデザインにおいては幾つかの困難がある。主効果デザイン(main effects design; 交差効果を排するように選択肢を設計するための統計学的な方法)を用いるため、各属性の影響は効用関数に組み込まれる形式によって制限を受ける。また、CVM と同様に、回答者への情報の提供、サーベイ・デザイン、サーベイの実施方法といった問題は重要である。

こうした CE の潜在的な利点にも関わらず、環境の価値計測への適用例は少なく、特に受動的利用価値については適用例がない。

#### <ウッドランド・カリブー生息地保全プログラムへの適用: ケース・スタディ(p.65)>

カナダ、アルバータ州における woodland caribou の保護プログラムを対象にした適用事例。

woodland caribou: カナダの森林地に生息する大型のカリブー(トナカイ)。

(現状)

ウッドランド・カリブーは、アルバータ州中西部にある山岳部の原生林に生息している。しかし、この地域は林業や石油・ガス工業などの工業地帯でもあり、またレクリエーションにも利用されている。ウッドランド・カリブーはアルバータ州の野生生物法(Wildlife Act)で、絶滅の危機に瀕している種に指定されており、生息地の保全のために多大な努力がなされている。アルバータ州では、FMAs(Forest Management Agreements)によって管理されている土地に、ウッドランド・カリブーの生息地が含まれている。生物学者が適切と考える水準の保護区を設けるためには、工業やレクリエーションに制限を加える必要があるかもしれない。制限には補償が必要かもしれない。

この問題に対して、CVM と CE が適用された。

(CVM)

CVM の質問には、「現状の管理」から「原生林/ウッドランド・カリブー保全プログラム」へ、というシナリオが用いられた。プログラムの内容は、

- 林業に用いられている土地(の一部)を原生地に戻す。

- ・レクリエーションの制限
- ・ウッドランド・カリブーは現状の 400 頭から、生物学者が種の存続が可能な水準(viable population)と考えている 600 頭へ増加させる

と、回答者にとって好ましい面と好ましくない面の両方を含んでいる。CVM の形式には二肢選択形式が用いられた。選択肢は“I don't know”を含み、NOAA パネルの推奨する補足質問をおこなっている。

#### (CEs)

CEs は基本的に CVM と同様の情報に基づいており、シナリオは 5 つの属性で記述される。

- ・ウッドランド・カリブーの生息数、及びムース(アメリカヘラジカ)の生息数
- ・原生地域面積、及び FMA によって管理される面積
- ・レクリエーションの制限
- ・林業に関連した雇用
- ・州税の増減

最初の二つの属性は、それぞれ完全に相反する(と仮定される)二つの属性の合成である。シナリオは生物学者や森林管理者との協議、フォーカス・グループによるテストを通じて作成されている。各属性は、現状を含む 4 段階が用いられた(table.1)。

CEs で用いられた属性は、CVM のシナリオを含む。そのため、CVM のシナリオは CEs による属性の組み合わせの一つとみなすことができる。選択肢に増税と減税があるため、CEs は WTP と WTA の両方のシチュエーションを含んでいる。そのため、このモデルによって“endowment effect”(後述)を検証することも可能である。

回答者は各質問で、三つの選択肢(現状と他の選択肢二つ)から最も好ましいものを選ぶことを求められる。シナリオには直交主効果デザイン(orthogonal main effects design)によって 32 の質問(choice set)が選ばれたが、全てを尋ねることは回答者の負担になるため 4 つのバージョンに分けられ、各回答者には(CEs)8 回の質問が提示された。なお、アンケート構成の詳細については原注 1(p.66)を参照。

#### (調査方法)

対象は Edmonton (アルバータ州の州都)の住民からのランダム・サンプル。調査は以下の手順でおこなわれた。

1. Random-digit dialing (無作為で電話番号を選びダイヤルすることで、ランダム・サンプルを集める方法)によって、調査に協力してくれる人を 900 人集めた。
2. 調査票を郵送し、2 週後に催促状を送付。返送のない回答者には、4 週間にもう一度調査票を郵送。900 名のうち、65%が返送。CVM と CEs の両方に完全回答があったのはそのうち 76%。
3. 所得の記入のないサンプル、CVM で“I don't know”と回答したサンプル(統計的なフィットから“no”とは異なると判断)、CEs で常に現状を選択しているサンプル(判断していないとみなした)をオミット(原注 3 参照)。
4. 最終的に CVM は 402、CEs は 355 のサンプルを計測に使用。

#### <モデルの特定と推定(p.68)>

CEs と二肢選択式の CVM は、共にランダム効用モデルで分析可能。どちらも複数の選択肢の中からの離散選択(discrete choice)とみなせる。

選択肢  $i$  を選んだときの効用  $U_i$  が、観察可能な要因で決定される部分  $V_i$  と観察不能な(そのため確率的に決まるとみなされる)部分  $\varepsilon_i$  から構成されるとすると、 $U_i$  は以下のようにあらわすことができる。

$$(1) U_i = V_i + \varepsilon_i.$$

このとき、選択肢  $i$  が選ばれる確率は、全ての選択肢の集合を  $C$  とするとき、

$$(2) \text{prob}\{i \text{ が選ばれる}\} = \text{prob}\{V_i + \varepsilon_i > V_j + \varepsilon_j; \forall j \in C (i \neq j)\}.$$

とあらわされる。

CEs では  $V_i$  に各属性が含まれ、三つの選択肢 (A, B, 現状) がある。CVM では  $V_i$  に含まれるのは提示額 ("bid") と定数項であり、選択肢は二つ (yes と no) である。誤差項にタイプ I の極限分布 (ガンベル分布ともよばれる。正規分布に近似していて、操作性が高い。詳しくは文献[A]参照) を仮定し、回答者と質問の独立 (原注 4 及び原注 7 を参照) を仮定すると、選択肢  $i$  が選択される確率は、

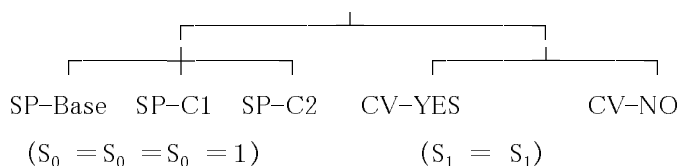
$$(3) \text{prob}\{i\} = e^{sV_i} / \sum_{j \in C} e^{sV_j}$$

とあらわされる。ただし  $s$  はスケール・パラメータであり、通常は 1 と仮定される。しかし、異なるサンプル間では、相対的な大きさを計算することが可能であり、その違いは観測不能な要因の影響、あるいは誤差分散の違いに起因するとみなせる (Swait and Louviere)。ここでは、CVM と CEs の選択行動はランダム効用モデルと整合的にかつ、同じタイプのシチュエーションでなされるため、二つのデータセットを結合 (combine) し、相対的なスケール・エフェクトを調べることができる。データの結合分析には、三つの利点がある。

- データの結合で、モデル推定のための情報量が増える
- 二つのモデルのパラメータが等しいかを検定できる (この例では所得の限界効用)
- スケール・パラメータの大きさが観測されない要因による分散と相反するという Swait and Louviere の結果を用いれば、どのモデルが観測されない要因による分散が大きいか、また、二つのアプローチの誤差分散が有意に異なるのかを測定することができる

CEs と CVM において、選択肢  $i$  が選ばれる確率をそれぞれ (4) 式と (5) 式のようにおく (CEs のスケール・パラメータは 1 と仮定されているため、省略されている)。

スケール・パラメータの計測について、既存研究では格子探索アプローチ (grid search approach) が用いられてきたが、ここでは Hensher and Bradley による FIML (Full Information maximum Likelihood: 完全情報最尤法) が用いられている。結合推定のために、下図のような人為的なネストド・ロジット (artificial nested logit) のツリー構造が用いられた (図は文献[B]より)。



ここで各分岐の合成効用は、 $V_{comp} = \theta \log \sum e^v$  (ただし  $\sum e^v$  は分岐より下の効用の合計) とあらわされる。この  $\theta$  は inclusive value とよばれる (文献[C], p.922 参照) が、この論文では通常のネストド・ロジット・モデルとは異なって解釈される。CEs でスケール・パラメータ  $S_0 = 1$  であると仮定することで、CVM では相対的スケール・パラメータと解釈できる (CVM の部分では、値の制約はないが共通と仮定されている)。

CEs, CVM, Joint (結合) モデルのそれぞれについて、線形と 2 次形式での計測がおこなわれた。

CEs での一般形は、以下のようにあらわせる。

$$(6) V_i = \alpha_i + \beta (Y - \text{Tax}_i) + \gamma (Z_i).$$

ただし、 $\alpha_i$ は ASCs(後述)、 $Y$ は所得、 $Tax_i$ は選択肢における税、 $Z_i$ はその他の属性をあらわし、 $\beta$ と $\gamma$ はパラメータである。

一方、CVMでは、

$$(7) \quad V_i = \alpha_i + \beta (Y - Tax_i).$$

となる。CVM に他の属性を入れることも検討されたが、「環境保全協会のメンバー」という、ごく少数の回答者しか該当しない属性以外は統計的に有意でないという結果となったため、見送られた。他の人口統計的な変数をモデルに含めることは検討されるべきである。だが、ここでは CEs と CVM の比較に主眼をおいており、人口統計的な変数は両モデル共に含まれていないため、比較には問題ないとされている。

#### <結果と考察(p.70)>

計測結果は table2 に示されている。

CVM については、線形、2 次形式とも期待通りの結果。2 次の項が有意でないことは、所得の限界効用が一定であることを示している。

線形 CE モデルも予想通りの結果。カリブーの生息数、原生地域面積は有意に正となっており、レクリエーションへの制限は厳しくなるにつれて下がっている。税額も予想されたとおりに有意に負となっている。雇用は有意とならなかった。理由は三つ考えられる。(1)雇用への影響がサーベイエリアの外であられること、(2)Edmonton の住民には実感しづらい職種への影響であること、(3)回答者に「増税の一部は、再雇用のための職業訓練プログラムに充てられる」と伝えられていること、である。

2 次形式の CE モデルは線形よりも良好なパフォーマンスを示し、線形と似た結果となった。しかし、最近 McConnell によって提出された、2 次形式モデルからの厚生評価の性質についての問題を考慮して、比較には線形モデルを用いた。2 次形式モデルでは、カリブー、原生地域、所得の効用、全て逡減しつつ増加している。

線形の Joint モデルは、線形 CE モデルと良く似た結果。ここで、CVM モデルは CE モデルの分散に合わせるよう調整され、両モデルにおける税のパラメータは等しいという制約がおかれている。パラメータが等しいことを仮定すると、相対的なスケール・エフェクトの大きさを評価することができる。相対的スケール・パラメータの値は 2.06(2.02?)であり、(検定によれば)1 と有意な差はなく、誤差分散が有意に異なることを示唆する結果である。

2 次形式の Joint モデルも、2 次形式の CE モデルと良く似た結果。スケール・パラメータは 1.56 であり、2 次形式の CVM の誤差分散が(線形よりも)相対的に小さいことを示している。ここでも、スケール・パラメータの値は 1 と有意な差をもたないという結果であり、両モデルの誤差分散が有意に異なることを示している。また、スケールの違いを前提としたパラメータの同等性(equality)のテストもおこなわれたが、両モデル間で有意な差はないという結果となった。

CVM モデルと CEs モデルが(所得について)同質の選好構造をもつことは、両者における所得の限界効用が異なっていないことを意味するが、他の属性については異なる結果を示すかもしれない。この点を調べるため、両モデルによるカリブーの生息数の改善にともなう厚生変化を計測する。

CVM からは、Hanemann(1984)の方法で中位値を算出した。CEs と Joint モデルでは、カリブー保全プログラムが実施されたときに、平均的個人が「現状」と同等の効用を維持するために必要な所得(あるいは支払)として算出される。この方法は、本質的に Hanemann の方法の多属性版である。改善の程度については、CVM のシナリオの内容と同じ属性変化としたが、計測で有意でなかった「雇用」は含めなかった。

厚生算出結果と標準誤差が table3 に示されている。

線形モデルでは、CEs と Joint モデルによる評価は CVM のものより高く、変化も小さい。2 次形式モデルによ

る結果は、線形モデルの結果よりも高い金額が出ている。これは、figure1 で示されている、2 次形式モデルにおけるカリブーについての顕著な非線型性による。特に、CVM のシナリオで用いた現状の 400 頭から 600 頭への変化では、線形より変化が大きい。原生面積では相対的に差は小さい。加えて、平均所得で評価した 2 次形式モデルの所得パラメータは、線形のそれと大きくは変わらない。よって、線形と 2 次形式の差は、カリブーについての選好の非線型性による。

この結果は、回答者に与えた情報によると考えられる。回答者には、「現状でカリブーの生息数は 400 頭だが、最低 600 頭まで増えれば絶滅のリスクは小さい」という生物学者の意見が情報として与えられている。

#### <CE モデルにおける現状バイアスと“Endowment Effects” (p.73)>

CE モデル、Joint モデルでは、ASCs (alternative-specific constants; 現状以外の選択肢が選ばれたときに 1 をとるダミー変数) が有意に負の値となった。これは、現状から移動することによる効用が負であることを意味しており、現状バイアス(status quo bias)や Endowment Effects(財が自分の所有物になったときに、その財の価値が上がる現象を指す。WTP と WTA の違いを説明する仮説の一つ。「所有効果」とでも訳すべきか。文献[D]を参照—原論文の引用文献から漏れている)の影響とも解釈できる。これらは、今回の分析における選択行動の根本に関わる。

現状バイアスは他の文献でも一般的な経済的現象として支持されており、今回の分析も一つの例であるのかもしれない。しかし、現状に関連した効用は、

- ・行政への不信
- ・資源管理者のプログラム施行能力への疑問
- ・アンケートでの質問が複雑すぎる
- ・望ましいトレードオフが明確でない
- ・抵抗回答のあらわれ

などの解釈も可能。しかし、明確にあらわれた現状への選好を無視すれば、モデルにバイアスをもたらすことになる。

前節での厚生の計測には、ASCs を含めなかった。ASCs を含めると、全ての CE と Joint モデルで評価値が下がり、線形モデルでは負の値になってしまう。2 次形式では正の評価値が出るが、CVM の 1/2 の値。2 次形式モデルは統計的により優れているため、ASCs を含めた 2 次形式モデルが、最も正確な計測値とみなされるべきだろう。

Endowment Effects の証左は、CE における現状レベルでの屈曲(“kink”)にもみられる。この点は effects codes model(説明変数をダミー化したモデル。スペースの都合から、全ての計測結果は掲載されていない)でより明確になる。とりわけ、原生面積の現状付近での変化に顕著である(Figure1 の effects codes model のライン)。現状(=15)からの変化は、増加と現象で傾きが大きく異なっている。カリブーについても、同じ現象が見られる。

所得についての Endowment Effects も、CE モデルで調べることが可能。ただしこの論文では、現状からの減税と増税の単位当たりの効用変化を計測したが、絶対値において有意な差異はなく、所得(税)に関する Endowment Effects は観測されないという結果が出ている。

#### <結論(p.74)>

この論文の目的は、CEs を受動的利用価値の計測に適用し、CVM と比較することである。CEs によるモデルは良好なパフォーマンスを示し、CVM との比較でも(誤差分散を考慮すれば)二つのアプローチ間で、所得に

についての選好に有意な差異は認められなかった。

(修正した)ネステッド・ロジットを用いたことで、両モデルのパラメータの結合推定と、相対的なスケール・パラメータの計測が可能となった。しかし、CVM のデータを CEs に追加することは、モデルの大きな改善にはつながらなかった。

CEs が CVM と比較して、幾つかの利点を有していることが示された。特に CEs を用いることにより、CVM では困難な属性ごとの価値の推計、関数形の選択が厚生計測に与えるインパクトや Endowment Effects の影響を調べるなど、が可能となる。しかし、属性ベースの方法に移行することは利点も多いが、関数形の選択はより重要になる。

CEs は現状バイアスの重要性を調べることを可能とする。今回の事例において、その影響は根本的なものであり、現状バイアスの扱いで厚生評価が大きく変動した。「現状を選択する」という行動の理解が重要であり、この行動が本当に現状バイアスなのか、抵抗回答などのあらわれなのか、グループ全体への平均的な影響のみを取り上げたために生じたのかなど、この問題については多くの研究の余地が残されている。

< 報告での引用文献(原論文の引用にないもののみ) >

- A. 太田勝敏(1997)「非集計行動モデルの理論展開」『非集計行動モデルの理論と実際』第2章, 土木学会.
- B. Adamowicz, Wiktor, Peter Boxall, Michael Williams and Jordan Louviere. (1995) “Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments versus Contingent Valuation”, Rural Economy Staff Paper 95-03. Department of Rural Economy, University of Alberta.
- C. Greene, W.H.(1997), “Economic Analysis” Third Edition, Prentis Hall International, London.
- D. Kahneman, D., Knetsch, J.L. and R.H. Thaler (1990), “Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem”, Journal of Political Economy, 98(6), 1325-1348.