

ロジスティック回帰分析による 便益移転性の規定要因の検討

Investigation of the Factors which Describe Benefit Transfer Using Logistic Regression Analysis

大石 卓史*

Takafumi OISHI*

(*京都大学大学院農学研究科)

(*Graduate School of Agriculture, Kyoto University)

I はじめに

近年、農業関連公共事業の実施により発現される機能として、事業本来の目的である農業生産性向上機能以外にも、景観形成機能、国土保全機能、生態系保全機能等、いわゆる農業農村の多面的機能と呼ばれる機能に対する認識が強まりつつある。これを受け、多面的機能の適切な維持・発揮を目的とした評価研究を農業関連公共事業の事業評価体系の一部として位置付け、事業実施により発現される効果の測定を行う総合的な研究が盛んとなっている。このような流れは 2001 年度から導入された政策評価制度の下で、さらに加速するであろう^{注1)}。

ところで、この多面的機能の中には市場化されていない機能が多数含まれることから、その評価には、環境便益等の市場外価値の測定手法である CVM (Contingent Valuation Method) が用いられることが多い^{注2)}。この CVM は、評価額の導出のためにアンケートを実施するプロセスを伴うことから、CVM を用いた調査の実施に際して時間的・費用的制約が生じることが容易に想像でき、結果として適切な調査の実施が困難となるケースの発生が懸念されるところである。

この解決法の 1 つとして、CVM を用いた環境評価研究においても、便益移転 (Benefit Transfer) が注目されつつある。寺脇 (2000) によると、便益移転とは、ある地域において推定

された便益を、政策の意志決定が議論されている別の地域に移転させることを意味するものであり、その移転の可能性 (以下、便益移転性) を検討すること、及び、移転が成立するための条件を見出すことが便益移転研究における 2 つの主要課題とされている。また、便益移転の考えを用いて、CVM のように多大な費用と時間を要する評価研究の費用的・時間的効率化に貢献することが、その最大の利点と考えられている。

便益移転に関する研究のレビューは寺脇 (2000)、吉田 (2000a) 等に譲ることとするが、その移転方法としては、これまでに原単位法、便益関数移転、メタ分析移転等が考案され、米国等においては環境評価分野を対象として実際にその活用が行われている。

また、我が国の農業関連分野における便益移転研究の歴史は浅いものの、その研究蓄積として寺脇 (2000)、吉田 (2000a)、吉田 (2000b)、大石・浅野 (2001) 等を挙げることができる。しかしながら、これらの既存研究では、対象地区間において便益移転性が存在するかどうか、すなわち先述の第 1 の課題に関する検討がメインとなっており、便益移転を実際の事業評価や政策評価に適用するための詳細な議論にまでは至っていない。

この理由として、これらの既存研究では便益移転の成立条件に関する検討、すなわち先述の第 2 の課題に関する検討が不十分であることが

挙げられる。この課題の検討は、便益移転の適用手段に関する議論を行う際の判断材料として必要不可欠である。また、この問題に一応の解決を与えるためには、既存研究により便益移転性の存在が確認された複数の地区内に潜在すると考えられる共通属性を検証することで、便益移転の成立条件に関する考察を深めることが必要であろう。このことは、先述のどの移転方法を用いるにしても、重要であると思われる。

そこで本稿では、大石・浅野（2001）が行った検討対象地区の分類結果を事例として取り上げ、各地区の属性データを用いて、その分類結果がどのような要因により規定及び判別されるかの検証を行うこととする。

ここで、大石・浅野（2001）は便益移転性を尺度として、検討対象地区を2つのクラスターに大別しているため、その分析手法としては、2値反応の分析法であるロジスティック回帰分析（Logistic Regression Analysis）を用いる。また、便益移転の事業評価・政策評価への適用可能性の検討を念頭に置き、既存の統計資料等から得ることができる属性データを用いて分析を行う。本稿の構成は次の通りである。Ⅱでは、ロジスティック回帰分析に用いる大石・浅野（2001）の分類結果の概要について述べる。Ⅲでは、便益移転性の規定要因の検討に用いるロジスティック回帰分析手順及びその分析結果について述べる。Ⅳでは、今後の課題についてまとめる。

Ⅱ 分析対象地区の概要

大石・浅野（2001）は、同一形式の CV 調査が継続して実施されはじめた、地域用水環境整備事業がもたらす地域アメニティ便益^{注3)}を事例として便益移転性の検討を行い、全国19の検討対象地区を表1に示すような計4つのクラスターに分類している。この大石・浅野（2001）による分類結果は、二段階二肢方式の CV 調査から得られた各地区の“yes/no”の回答データ間の同一性の検定を行う、ノンパラメトリック仮説検定を実施することで得られたものである。このため、この検定実施過程において、農業地

域類型や事業内容等の外的基準は使用されておらず、これは便益移転性の規定要因の検討を目的とした本稿が対象とすべき既存研究として相応しいものであると考えられる。また、クラスターⅢ及びⅣに属する地区数が各々1地区となっていることから、本稿ではその分析範囲をクラスターⅠ及びⅡに限定することとする。

併せて、クラスターⅠ及びⅡに属する地区の WTP 評価額、アンケート回収率、地元市町村平均所得等のデータの平均を取った数値を表2に示しておく。次節では、ロジスティック回帰分析を用いたモデルビルディングを行い、便益移転性を規定する要因の検討を行う。

表1 各クラスターに属する地区の概況

地区コード	地区名	道府県名	整備対象
<i>cluster I</i>			
1	開発三角	北海道	用水路
2	清水ヶ丘	北海道	ため池
3	サビシロ	青森県	ため池
4	手代木沼	宮城県	ため池
5	田子内	秋田県	用水路
6	山ノ神	福島県	ため池
7	角淵	群馬県	用水路
8	三ツ木	埼玉県	ため池
9	御新田	新潟県	用水路
14	群恵	徳島県	用水路
17	鷹巣	鹿児島県	農業用ダム
19	三行	三重県	ため池
<i>cluster II</i>			
10	奥池	愛知県	ため池
11	福田新池	愛知県	ため池
13	阿惣	山口県	ため池、用水路
15	尾池	香川県	ため池、用水路
16	直島	佐賀県	用水路
<i>cluster III</i>			
12	大井田西部	三重県	ため池、用水路
<i>cluster IV</i>			
18	竹中池	鹿児島県	ため池

注) データは大石・浅野（2001）による。

表2 各クラスターの特徴

	cluster I	cluster II
WTP 平均値(円)	9,642	8,739
WTP 中央値(円)	2,066	1,218
アンケート回収率(%)	55.0	77.8
配布手段 ²⁾	0.58	1.00
回収手段 ²⁾	0.67	1.00
受益設定範囲戸数	3,965	3,339
受益内抽出率(%)	52.7	42.4
DID 都市までの距離(km)	10.4	14.1
今回の実整備面積(m ²)	17,157	25,000
遊戯施設(ブランコ等) ³⁾	0.25	0.20
交流施設(直売所等) ³⁾	0.25	0.20
レジャー施設(直売所等) ³⁾	0.42	0.00
歴史的施設(文化財等) ³⁾	0.67	0.20
地元市町村平均年齢(歳)	42	42
地元市町村平均所得(千円)	2,514	3,690
地元市町村農業類型 ⁴⁾	2.1	1.8

注1) データは大石・浅野(2001)による。2) 「1:手渡し」, 「0:郵送」として計算を行った。3) 「1:該当施設有り」, 「0:該当施設無し」として計算を行った。4) 「1:都市的地域」, 「2:平地農業地域」, 「3:中間農業地域」, 「4:山間農業地域」として計算を行った。

Ⅲ ロジスティック回帰分析による便益移転性の規定要因の検討

1 分析手順

ロジスティック回帰分析は、ロジット・モデルなどとも呼ばれ、目的変数が2値あるいは多値の質的変数の場合における回帰分析の1手法である。また、この手法は医学・疫学・生物学等の多くの分野において広くその使用が行われており、本稿のように推定結果から2群の判別状況を検証する場合には、ロジスティック判別分析と呼ばれることもある。以下、竹内編(1989)に従い、その分析手順を説明する。

p を反応確率(本稿のケースでは、対象地区がクラスターIに属する確率)とすると、 p の対数オッズ $\eta = \log\{p/(1-p)\}$ への変換をロジット変換という。ロジスティック回帰モデルでは、説明変数 $x_1, \dots, x_r$ とこの η について

$$\eta = \beta_0 + \sum_{j=1}^r x_j \beta_j$$

を仮定する。ロジット変換では反応確率の変域 $[0,1]$ が η の変域 $(-\infty, +\infty)$ に拡大される。このため、回帰係数 β の推測に制約条件を設定する必要がなくなるという利点が生じる。

今、 $i=1, \dots, N$ とし n_i 個の対象地区のうち y_i 個の地区がクラスターIに属することとしたとする。このとき、説明変数を $x'_i = (x_{i1}, \dots, x_{ir})$ で表し、母数を $\beta' = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_r)$ とすると、ロジスティック回帰モデルの対数尤度は定数項を除いて

$$l_N(\beta) = t' \beta - \sum_{i=1}^N n_i \log \{1 + \exp(x'_i \beta)\}$$

で表される。

以上から、本稿では最尤法を用いて β の推測及び変数選択を行う。また、変数選択には以下に示す変数増加法を採用する。

ステップ①：定数項と1個の説明変数を含むモデルを推定し、説明変数の t 値を求める。この t 値は(係数パラメータ=0)の仮説の下で漸近的に標準正規分布に従うことが知られているため、最小の p 値を持つ説明変数を j とし、ある有意水準 α の下で「 $p_j < \alpha$ 」となれば説明変数 j をモデル内に取りこむ。全ての説明変数の p 値が「 $p \geq \alpha$ 」となれば、それらの説明変数は有意でないと判断する。

ステップ②：定数項とステップ①において選択された説明変数 j と説明変数 k ($k \neq j$) から成るモデルを推定し、説明変数 k の t 値を求める。次に、ステップ①と同様に最小の p 値を持つ説明変数 k に関して「 $p_k < \alpha$ 」となれば説明変数 k をモデル内に取りこむ。全ての説明変数 k に対して「 $p_k \geq \alpha$ 」となれば検定を終了する。

ステップ③：定数項と説明変数 j とステップ②において選択された説明変数 k と説明変数 l ($l \neq j, k$) から成るモデルを推定し、説明変数 l の t 値を求める。以下、ステップ②と同様の検定を続行する。

これらのステップは、全ての説明変数がモデル内に取りこまれる、もしくは新たにモデル内に取りこもうとする全ての変数の p 値が設定した有意水準以上となるまで繰り返し行うこととする。

また、この検定における帰無仮説は「モデル内に取りこもうとしている説明変数 j が有意でない、すなわち $\beta_j = 0$ 」となる。ここで、丹後他（1996）は、本稿のように分類結果を規定する上で重要と思われる要因の探索を行うケースでは、有意水準を通常の有意性検定で利用される 5% よりも大きく取ることを推奨している。

このように検定の有意水準を大きくすることは、帰無仮説が誤っているにもかかわらず、その帰無仮説を受容する第Ⅱ種の過誤を引き起こす確率を減少させることを意味している。もちろん、このことはまた帰無仮説が真であるにもかかわらず、

その帰無仮説を棄却する第Ⅰ種の過誤を引き起こす確率を増加させることを意味ものであるが、便益移転性を規定する要因を見逃してしまう確率を小さくすることがより重要であると考え、本稿では有意水準を 15% として検定を行う。

2 分析結果及び結果の考察

次に、表 3 に示す説明変数の候補を用いて実行されたロジスティック回帰分析の分析結果について述べる^{注 4)} ^{注 5)}。

表 3 説明変数の候補

	変数名	変数の種類	変数の内容	ダミー変数の内容	
従属変数	CLUSTER	ダミー変数	対象地区がクラスターⅠに属する	1:○	0:×
独立変数	AREA1	ダミー変数	対象地区の地域－北海道	1:○	0:×
	AREA2	ダミー変数	対象地区の地域－東北	1:○	0:×
	AREA3	ダミー変数	対象地区の地域－関東	1:○	0:×
	AREA4	ダミー変数	対象地区の地域－中部	1:○	0:×
	AREA5	ダミー変数	対象地区の地域－北信越	1:○	0:×
	AREA6	ダミー変数	対象地区の地域－中部	1:○	0:×
	AREA7	ダミー変数	対象地区の地域－四国	1:○	0:×
	AREA8	ダミー変数	対象地区の地域－九州	1:○	0:×
	WATER	ダミー変数	対象地区の整備内容－用排水路有り	1:○	0:×
	POND	ダミー変数	対象地区の整備内容－溜め池、ダム有り	1:○	0:×
	JUEKI	数値	受益設定範囲戸数(1000 戸)	—	—
	DID	数値	DID 都市までの距離(km)	—	—
	AGE	数値	地元市町村平均年齢(歳)	—	—
	lnINCOME	数値	地元市町村平均所得(百万円)の対数	—	—
	RUIKEI1	ダミー変数	対象地区農業地域類型－都市的地域	1:○	0:×
	RUIKEI2	ダミー変数	対象地区農業地域類型－平地農業地域	1:○	0:×
	RUIKEI3	ダミー変数	対象地区農業地域類型－中間農業地域	1:○	0:×
	RUIKEI4	ダミー変数	対象地区農業地域類型－山間農業地域	1:○	0:×
	lnMENSEKI	数値	今回の実整備面積(1000m ²)の対数	—	—
	YUGI	ダミー変数	ブランコ等の遊戯施設の有無	1:ある	0:ない
	KORYU	ダミー変数	直売所等の交流施設の有無	1:ある	0:ない
	LEISURE	ダミー変数	キャンプ場等のレジャー施設の有無	1:ある	0:ない
	REKISHI	ダミー変数	文化財等の歴史的施設の有無	1:ある	0:ない
	SURVEY	数値	アンケート回収率(%)	—	—
	DELIVERY	ダミー変数	アンケート配布手段	1:手渡し	0:郵送

注) データは大石・浅野 (2001) による。

推定結果を表4に、予測的中率を表5に、予測値と観測値のプロットを図1に示した。

はじめに、モデルに取り込まれることとなった4説明変数の符号に関する考察を行う。REKISHI（文化財等の歴史的施設の有無）の係数の符号は正となっている。表2によると、クラスターⅠに属する各地区が歴史的施設を有している割合はクラスターⅡのそれよりも大きくなっているため、これは整合的であると言える。これに対して、WATER（用排水路関連の整備の有無）、lnMENSEKI（実整備面積の対数）、SURVEY（アンケート回収率）の係数の符号は負となっており、REKISHIと同様の議論から係数の符号は整合的であると言える。このうち、注5)で説明を行ったSURVEYがモデル内に含まれていることに注意しておこう^{注6)}。

次に、表5に示すように、推定式から算定された予測的中率は全体で88.24%となった。以上から、モデルに取り込まれることとなった上記の説明変数は便益移転性に基づく分類結果の特徴を規定する上で有用となる可能性が高いと言えよう。ちなみに、クラスターⅠに属するにもかかわらず推定の結果クラスターⅡに属すると予測された地区は鷹巣地区であり、クラスターⅡに属するにもかかわらず推定の結果クラスターⅠに属すると予測された地区は奥池地区であった。

表4 ロジスティック回帰推定結果

変数名	係数	t 値	p 値
Intercept	46.669	1.556	0.060
WATER	-12.19	-1.117	0.132
lnMENSEKI	-2.698	-1.158	0.123
REKISHI	15.183	1.301	0.097
SURVEY	-25.949	-1.059	0.145
Residual Deviance:		5.199	

注) t 値は (係数) / (標準誤差) により計算され、(係数パラメータ) = 0 の仮説のもとで漸近的に標準正規分布に従う。

表5 予測的中率

観測値	予測値		的中率
	cluster I (p=1)	cluster II (p=0)	
cluster I (p=1)	11	1	91.67%
cluster II (p=0)	1	4	80.00%
	全体		88.24%

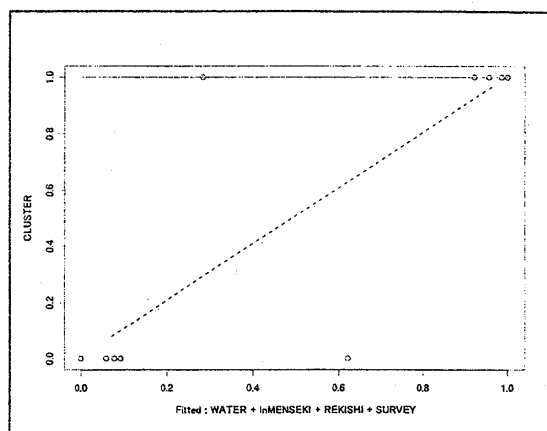


図1 予測値と観測値のプロット

V 残された課題

本稿では、ロジスティック回帰分析により、便益移転性に基づく分類結果を規定する要因を検証することを通じて、便益移転性の成立条件に関する検討を行った。

その結果、用排水路関連の整備の有無や実整備面積、文化財等の歴史的施設の有無等が便益移転性に基づく分類結果の特徴を規定する上で有用となる可能性が高いことがわかった。

今後の課題としては、本稿の分析結果を参考に、より広域な範囲を対象に便益移転の成立条件に関する検討を行うこと、そして便益移転の事業評価・政策評価への適用可能性の検討を行うことを挙げることができよう。特に、より広域な範囲を対象に便益移転の成立条件に関する検討を行う際には、検討区分が2分類ではなくそれ以上となることが考えられるため、多項ロジスティック回帰分析や重判別分析等を用いて

その検討を行う必要が生じると思われる。それらは別稿に譲ることにしたい。

[注]

注1) この政策評価制度は国民に対する行政の説明責任の徹底や国民的視点に立った成果重視の行政への転換を図ることを目的としている。このため、制度導入以前から事業評価が行われてきた農業関連公共事業においても、より適切な事業評価の実施が求められるものと考えられる。詳しくは、農林水産省ホームページ <http://www.maff.go.jp/soshiki/kambou/bunso/1-1.pdf> を参照のこと。

注2) 吉田 (2000a) が述べているように、CVM は環境評価研究で活用されるだけでなく、農林水産省内において、CVM を適用した集落排水事業や水環境整備事業の事業評価マニュアルの策定が進められるなど、急速にその使用に対するコンセンサスが醸成されつつある。詳しくは吉田 (2000a) p.1 を参照のこと。

注3) 地域用水環境整備事業は、農村地域に存在する水路、ダム、ため池等の農業水利施設の保全・管理を行い、それと共に施設の有する水辺空間等を活用し、豊かで潤いのある快適な生活環境を創造することを目的としている。また、地域用水環境整備事業により維持・発揮される効果には、生態系保全効果、景観環境維持・形成効果等の効果が多数存在していることが知られている。

注4) 分析は京都大学大学院農学研究科農業組織経営学分野所有の S-PLUS2000 を用いて行った。

注5) 先述の通り、本稿では既存の統計資料や関連行政官への簡単なアンケートから得ることができ、かつ客観性が高いと考えられるデータを説明変数の候補として用いることとする。しかし、大石・浅野 (2001) が用いた CV 調査アンケートの実施手段が各調査地区で必ずしも同一ではないことを考

慮し、本稿ではアンケート回収率及びアンケート配布手段を説明変数に追加することで、その影響の明示化を試みることにした。

注6) また、表4にはあわせてデビアンズ (D:deviance) の値を掲載している。このデビアンズは、モデルの適合度を総合的に評価する尤度比検定統計量であり、現在のモデルが正しいという帰無仮説のもとで、 $D \sim$ 自由度 $J-r-1$ の χ^2 分布に従うことが知られている。本稿のケースでは、 $D = 5.199 < \chi^2(0.05: J-r-1=12) = 19.68$ となり、帰無仮説を受容する結果となっている。詳しくは丹後他 (1996) を参照のこと。

[謝辞] 本研究を進めるにあたり、農村環境整備センターの木村茂基研究員、京都大学大学院の浅野耕太先生からは多くのご支援・ご指摘を得ました。記して感謝の意を表します。

[引用文献]

- 1) 大石卓史・浅野耕太 (2001): 「外的基準やモデルのパラメトリックな仮定に依拠しない便益移転性の仮説検定—地域用水環境整備事業の地域アメニティ便益を事例として—」、未刊行論文。
- 2) 竹内啓編集委員代表 (1989): 『統計学辞典』東洋経済新報社、pp.393-396, 428-429。
- 3) 丹後俊郎・山岡和枝・高木晴良 (1996): 『ロジスティック回帰分析 SAS を利用した統計解析の実際』、朝倉書店、pp.185-190, 198-200。
- 4) 寺脇拓 (2000): 「農業関連公共事業の便益関数移転」、農業経済研究、Vol.71、No.4、pp. 179-187。
- 5) 吉田謙太郎 (2000a): 「政策評価における便益移転手法の適用可能性の検証」、農業総合研究、Vol.54、No.4、pp.1-24。
- 6) 吉田謙太郎 (2000b): 「便益移転による環境評価の収束的妥当性に関する実証分析—メタ分析と便益関数移転の適用—」、農業経済研究、Vol.72、No.3、pp.122-130。

Benefit transfer is one of the most common concerns in the study area of valuing environmental preferences, though there are few study reports concerned with it in Japan.

So, I investigated the latent factors which describe benefit transfer, using logistic regression analysis, as a study case of rural amenity benefit in regional water resource program. As a result, I could find that three factors, 1) whether a program include waterway's improvement, 2) what area a program plans to improve, and 3) whether there are some historical institutions around a program's district, are thought to be important to describe benefit transfer.