

住宅立地行動の予測と住環境の便益評価の統合手法の提案^{*}

A CONSISTENT COMBINED MODEL FOR RESIDENTIAL BEHAVIOR FORECAST AND ITS ENVIRONMENTAL BENEFIT EVALUATION

森 杉 寿 芳^{**}、岩 瀬 広^{***}

1 はじめに

住宅立地行動モデルを研究するに当たっては従来さまざまなアプローチが試みられてきたが、その多くは住宅立地の需要そのものや、公共施設整備の住宅地におよぼす影響そのもの、あるいは、公共施設や住環境の評価そのものという個別目的をそれぞれ個別に分析するというものが主であった。しかし、本来、影響分析と評価とは立地予測の結果に大きく左右されるものであり、それ故、予測モデルと評価モデルは理論的適合性をもつ必要がある。

この認識から従来の研究を概観してみると、効果予測モデルのための土地利用・住宅立地モデルそのものに関しては、古くは、Lowry¹⁾、NBER²⁾、青山³⁾、最近の日本では、浅野⁴⁾、中村・林・宮本⁵⁾などの研究にみられるように多大の進展がみられた。一方、住環境評価のための費用便益分析やその他の総合評価モデルそのものにおいても、三菱総研⁶⁾、戸田⁷⁾、御巫・森杉⁸⁾によってまとめられているように、実用化の段階に達している。しかし予測モデルと評価モデルの分析の前提が異なるために、予測から評価までの作業を一貫して推進することが未だ不可能な状態にあり、また、そのような試みの研究もほとんど見当たらない。

以上の問題意識のもとに、本研究では、立地主体者の効用関数における住宅財と他財一般との選好関係、所得制約および時間制約を住宅立地行動に明示的に組み込むことにより、予測からその評価までの適合性を保ちうるような実用的モデルを確立し、その予測および評価の統合手法を提案することを目的とする。

2 住宅立地行動とインパクト分析のモデル化

(1) 住宅立地行動のモデル化

世帯の効用 U が、一般財の消費量 Z 、地域公共財としての住環境 Q （これは、都心までの時間距離、騒音、公共施設などによりゾーン内においては一定であり、世帯はゾーンを移動する以外には制御不可能な財のベクトルであり、狭義の住環境という。なお広義の住環境とは、 Q と通勤時間 t_j の両者の総称をいう。）、それ以外の住宅属性 X （これは広さなどの住宅それ自身の制御可能な属性ベクトルであり、住宅属性という。）、 (X, Q) あるいは (X, Q, t_j) を総称して立地条件という。）、および余暇時間 ℓ 、によって説明できるとすると、一般に世帯の住宅選択行動は次のような予算制約と時間制約条件下での効用最大化行動として表される。

$$\begin{aligned} \max_{i=1}^n U(Z_i, X_i, Q_i, \ell_i) \delta_i, \text{ s.t., } & \textcircled{a} \sum_{i=1}^n \{Z_i + R_i\} \delta_i = I + \bar{R}_j, \quad \dots\dots\dots (1) \\ & \textcircled{b} \sum_{i=1}^n (\ell_i + t_j) \delta_i = T - t_w, \textcircled{c} \sum_{i=1}^n \delta_i = I \quad \textcircled{d} R_i = R(X_i, Q_i), \textcircled{e} \bar{R}_j = R(\bar{X}_j, \bar{Q}_j) \end{aligned}$$

ただし、 R_i : 地域 i の立地条件が (X_i, Q_i) である住宅価格、 $\bar{R}_j$: ゾーン j に所有している住宅の立地条

* キーワード：社会・経済分析、土地利用計画

** Hisayoshi MORISUGI, 正会員 工博 岐阜大学 教授 工学部建設工学科

*** Hiroshi IWASE, 学生員 岐阜大学大学院 工学研究科 土木工学専攻

件が $(\bar{X}_j, \bar{Q}_j)$ であるときの住宅価格、 I : 住宅賃貸収入以外の年間所得、 δ_i : 住宅立地地域の選択変数 (ゾーン i を選択したとき 1、それ以外は 0 の 0, 1 変数)。 t_i : ゾーン i での通勤時間。ここに、住宅価格 R とは、市場で売買される住宅価格を年費用に換算したものである。

さて、ある特定ゾーン i に立地したとすると、総活動時間 T と労働時間 tw は固定されていると仮定できるので、 $T - tw \equiv \Omega$ とおくと $\Omega = \Omega - t_i$ となる。この式と(1)式の制約式②を(1)式の目的関数に代入すると、次のゾーン別住宅属性別間接効用関数 $V(X_i)$ が得られる。

$$V_i(X_i) = U(I + \bar{R}_j - R_i, X_i, Q_i, \Omega - t_i) \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2)式は(1)式と等価であり、最適な住宅属性 X_i^0 を求めるには、(2)式を X_i で偏微分してゼロとおき X_i^0 を求め、これを再び(2)式に代入すると、今度はゾーン別間接効用関数 V_i をうる。すなわち、

$$V_i = U(I + \bar{R}_j - R_i, X_i^0, Q_i, \Omega - t_i) = \max_{X_i} U(I + \bar{R}_j - R_i, X_i, Q_i, \Omega - t_i) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 R_i^0 は X_i^0 を代入したときの住宅価格関数の値を示す。

最後に、住宅地の選択は、(3)式の V_i を最大にするゾーン i_0 を選択する行動として表わされる。すなわち、

$$V_{i_0} = \max_i V_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

(2) インパクト分析のモデル化

住宅立地行動におけるインパクト分析とは、(2)式における X_i 以外のパラメータ ($I, \bar{X}_j, \bar{Q}_j, Q_i, t_i$) または住宅価格関数 ($\bar{R}_j$ および R_i) が、何らかの原因により変化したとき、(3)および(4)式で求まる X_i および i_0 がいかに変化するかを知ることである。たとえば、転勤は t_i の変化、減歩は $\bar{X}_j$ の変化となり、一般に交通施設整備や環境改善などの公共プロジェクトは、直接効果の t_i あるいは $Q_i, \bar{Q}_j$ の変化のみならず市場メカニズムを通じて、所得 I や住宅価格関数 $R_i, \bar{R}_j$ の関数型をも変化させる。

本研究の分析範囲は、これらのパラメータと価格関数の変化(これを、以下インパクトという)が既知と仮定し、そのときの住宅属性 X_i^0 と居住地 i_0 の変化を知るという目的に限定する。この前提のもとでは、もしも効用関数型 U を知ることができれば、建増や住み替えなどを一般的に示す X_i^0 と i_0 を知ることができる。この意味で、(2)、(3)および(4)式によりあらゆる立地行動の原因と結果を知ることができる。そのためのキーポイントは、効用関数(2)式を知ることであり、その方法については、4において述べる。

3 住環境変化の便益の定義とその測定^{9),10)}

(1) 便益の一般的定義

今、ある政策によって、所得、狭義の住環境、通勤時間、および住宅価格関数が、 I, Q_i, t_i, R から I', Q'_i, t'_i, R' に変化したために、 j ゾーンの住宅を所有し、かつ、ゾーン i_A に住んでいたある持家世帯を考え、彼はゾーン i_B ($i_B = i_A$ を含む)に住み替えを行なったとする。このとき、彼の効用は、 V_{i_A} から V'_{i_B} に変化する。ここに、(4)式により、' のついた変数を変化後とすると、

$$V_{i_A} = U(I + \bar{R}_j - R_{i_A}^0, X_{i_A}^0, Q_{i_A}, \Omega - t_{i_A}), V_{i_B} = U(I' + \bar{R}'_j - R'_{i_B}, X'_{i_B}, Q'_{i_B}, \Omega - t'_{i_B}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

この効用の変化分を貨幣タームに換算したものが(広義の)住環境変化の便益に他ならない。この便益を次のように定義する。すなわち、住環境変化に対してある世帯が変化後の効用 V'_{i_B} を維持するという条件のもとに、変化前の状態にとどまるためにその世帯が必要とする最小補償額(または最大支払い意思額)という。また社会的便益とは世帯の便益を単純に合計したものをいう。

この定義にもとづく便益は、容易にわかるように次式を満足する EV である。すなわち

$$U(I + \bar{R}_j - R_{i_A}^0 + EV, X_{i_A}^0, Q_{i_A}, \Omega - t_{i_A}) = V'_{i_B} \quad \dots\dots\dots (6)$$

なおEVは、改善に対してプラス、悪化に対してマイナスとなるように定義されている。また、上記の定義は持家世帯一般を対象としているが、借家世帯に対しては、 $\bar{R}_j^0 = 0$ とすればよく、持家自宅居住世帯に対しては、 $\bar{R}_j = R_{iA}^0$ とすればよい。

(2) 便益の定義の妥当性

上記の定義は、いわゆる等価的偏差 (Equivalent Variation 略してEV) に基づくものである。この他にいわゆる補償的偏差 (Compensating Variation 略してCV) といわれるものがあり、CVは以下のように定義される。すなわち、変化前の効用を維持するという条件のもとに、変化後の状態にとどまるために支払いに値するとその世帯が考える最小支払い意思額 (またはその世帯が必要とすると考える最小補償額) として定義される。

本研究でCVではなくEVを便益の定義とした理由は以下のとおりである。すなわち、(6)式に注目すると、EVは状態の変化後の効用レベル V_{iB}' のみの関数となっており、これは V_{iB}' の単調変換であるといってよい。換言すればEVは効用の変化分そのものともいってよい。これに対しCVは、変化後の環境変数 (i_B または i で示している) の関数でもあり、単に変化後の効用レベル V_{iB} だけの関数とはいえない。^{10), 11)}

したがって、本研究では便益の定義としてEVを採用し、以下の議論を進める。

(3) EVの測定方法

EVを知るには、インパクト分析の場合と同じくインパクト自身を与件とすれば効用関数Uを知ればよい。このようにインパクト分析と便益評価の総合モデルのための焦点は以下に述べる効用関数の推定にある。

4 効用関数の推定方法の提案¹²⁾

(3)式で定義したゾーン別住宅属性別効用関数 $V(X_i) = U(I + \bar{R}_j - R_i, X_i, Q_i, \Omega - t_i)$ に着目し、以下の手順で効用関数を推定する。すなわち、手順①効用関数型の特定化、手順②データの収集 (アンケートの実施)、手順③パラメータの推定。

手順①効用関数の特定化：これについては、5.事例研究において述べる。

手順②データの収集：データの収集法には、実績の場合とアンケートによる方法の2つがある。アンケート調査の場合は、一対比較法によって次のようにして行なう。^{6), 13)} すなわち、ある一定の立地条件と価格をもつ住宅Aを基準の住宅とし、価格とある1つの立地条件を示す指標の水準を住宅Aと異なるように変化させた住宅をBとする。そして、住宅Bの価格、または1つの立地条件指標の水準を順次変化させ一対比較ごとの住宅AとBの好ましさを各世帯に判断してもらう。一方、実績データを用いる場合には、実際に立地している立地条件と住宅価格およびその世帯属性を収集すればよい。そうして、このデータにおいて、居住 (または購入) した住宅を選好し、その他の全ての住宅を選好しなかったと考えればよい。

手順③効用関数の推定法：手順②で述べた選好結果は、2つの代替案のうちで、効用関数 $V(X_i) = U(I + \bar{R}_j - R_i, X_i, Q_i, \Omega - t_i)$ の値が大きい方を選択したとみなしうる。ところで、全く同一の世帯属性をもっている世帯でも効用関数は全く同一でないと思われるので、本研究では、効用関数 $V(X_i)$ に加法型で誤差項を導入する。すなわち、 $U = V(X_i) + \epsilon_i$ 、ただし、 ϵ_i は一定の分布をする確率変数を示す。このとき、任意の代替案AとBの比較において、AおよびBを選択する確率 P_A および P_B は、 $P_A = \text{Prob}(U_A \geq U_B)$ 、 $P_B = \text{Prob}(U_A \leq U_B)$ となる。 P_A は、もし ϵ_i を平均0、分散 σ^2 のワイブル分布に従うと仮定するとLogitモデルが誘導され、 $P_A = 1 / [1 + \exp \{ \alpha (V_B - V_A) \}]$ となる。ただし、 $\alpha = \pi / \sqrt{6} \sigma$ 。また ϵ_i を平均0、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定すると、いわゆるProbitモデルが誘導される。これらのパラメータの推定法には最尤法が使用され、非集計モデルとして周知の方法である。¹⁴⁾

5 予測評価統合手法の手順とその事例研究

(1) データの作成とそのサンプリング

本方法の手順は、①データの作成、②効用関数の特定化とその推定、③インパクト分析、④便益評価、となる。以下に手順を追いつつ事例研究の結果を述べる。

本研究で用いたデータは、昭和52年7月に行なわれたアンケート結果を利用した⁶⁾。調査対象者は、伊丹市全域と川西市の一部に住む自宅居住者であり、有効回収数255である。一対比較質問は、表-1に示すように立地条件と住宅価格の異なる住宅A、Bを提示し、それぞれに「Aが好ましい」「Bが好ましい」「甲乙つけ難い」の3つの選択肢の中から1つの回答を求めるものである。

本研究ではこの255のアンケート票から、次のようにして80個のアンケート票を抽出した。まず、アンケート1票につき7つの表-1に示すような質問群の回答のうち、3つ以上の質問群について、条件は変わっても全てAまたはBを選択しているアンケート票を除外した。次に残ったデータから、所得層別に所得別頻度分布に比例して合計30個のランダムサンプリングを行なった。抽出したアンケート1票あたりの一対比較質問33個のうち、「甲乙つけ難い」を選択したデータを上記33×30=990個のデータより除外した。これは以下の理由による。すなわち、世帯が「甲乙つけ難い」の回答を選ぶのは、①住宅A、Bから得られる各々の効用が本当に無差別、②無知、の2つが考えられ、この回答から直ちに両者の効用が等しいとするには疑問が残る。また、「甲乙つけ難い」というようなあいまいな表現を許すということは、無差別曲線にある程度の幅を認めることを意味する。このことは、便益の定義が一定の値ではなくある範囲になるということをも意味し、推移律が成立せず効用関数の仮定に反する。結局、パラメータ推定の対象とした一対比較質問数(すなわちデータ数)は、781である。

(2) 効用関数の特定化と推定方法

上記のアンケート調査は、敷地面積、日当たり、公共サービス、航空機騒音、買物の便および通勤時間tなる立地条件指標を選んでいく。なお、航空機騒音レベルについてはアンケート調査では「全く気にならない」から「耐えられない程うるさい」まで6段階の主観的記述表現を用いて一対比較を行なっているが、この記述表現を、現地の観測結果をもとに騒音レベルdB(A)との対応関数を回帰分析によって求め、dB(A)に変換しているのがこの結果を用いた⁹⁾。

解析方法としてはProbitモデルとLogitモデルを用いる。適合性を判断する基準としては、推定された選好確率と実際の集計選択比率との重相関係数COR、的中率Hit R、およびt値である。

特定化した効用関数型とその変数は、以下のとおりである。

○線型

$$U = \alpha (I + \bar{R} - R) + \beta_1 X_1 + \beta_2 (\Omega - t) + \beta_3 X_2 + \beta_4 (B - X_3) + \gamma (A - Q) \quad \dots\dots (7, a)$$

○対数線型

$$U = \alpha \ln(I + \bar{R} - R) + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(\Omega - t) + \beta_3 \ln(X_2) + \beta_4 \ln(B - X_3) + \gamma \ln(A - Q) \quad \dots\dots (7, b)$$

○CES型

$$U = -\frac{1}{\rho} \ln \left[\alpha (I + \bar{R} - R)^{-\rho} + \beta_1 (X_1)^{-\rho} + \beta_2 (\Omega - t)^{-\rho} + \beta_3 (X_2)^{-\rho} + \beta_4 (B - X_3)^{-\rho} + \gamma (A - Q)^{-\rho} \right] \quad \dots\dots (7, c)$$

○VES型

$$U = \alpha \ln(I + \bar{R} - R) + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(\Omega - t) + \beta_3 \ln(X_2) + \beta_4 \ln(B - X_3) + \gamma \ln(A - Q) \\ + \alpha \left(1 + \frac{X_1}{C(I + \bar{R} - R)} \right)^{\beta_1} \left(1 + \frac{\Omega - t}{C(I + \bar{R} - R)} \right)^{\beta_2} \left(1 + \frac{X_2}{C(I + \bar{R} - R)} \right)^{\beta_3} \left(1 + \frac{B - X_3}{C(I + \bar{R} - R)} \right)^{\beta_4} \left(1 + \frac{A - Q}{C(I + \bar{R} - R)} \right)^{\gamma} \quad \dots\dots (7, d)$$

表-1 一対比較質問の例

回答例		最寄駅までの距離と住宅価格			
	基準とする住宅A	住宅A がよい	甲乙つけ がたい	住宅B がよい	比較される住宅B
条件①	最寄駅まで歩いて15分 値額は、2000万円	○			最寄駅まで歩いて2分で便利であるが、住宅Aより150万円高い
条件②	同上		○		最寄駅まで歩いて2分で便利であるが、住宅Aより100万円高い
条件③	同上			○	最寄駅まで歩いて2分で便利であるが、住宅Aより50万円高い

条件①において住宅Aの方が住宅Bより好ましいと思われたら、上記のように「住宅Aがよい」の欄に○印をつけて下さい。条件②、③についても同様にお答え下さい。尚比較される住宅Bについて、記されていない他の条件は住宅Aと同じであるとします。

表-2 推定パラメータ

	A	a	B	α	β_1	β_2	β_3	β_4	γ	ρ	h	Hit R.	COR	σ
Linear /Logit/	120	150	5	0.220 (10.235)	0.255 (10.199)	0.106 (9.941)	0.656 (9.320)	4.436 (9.787)	0.343 (9.752)	-	-	0.892	0.966	5.832
/Probit/	120	150	5	0.165 (6.790)	0.190 (7.027)	0.140 (7.246)	0.505 (6.550)	3.435 (7.096)	0.254 (7.393)	-	-	0.892	0.962	1.375
Log-Linear /Logit/	120	150	5	16.976 (7.357)	12.243 (7.137)	8.554 (7.906)	2.625 (6.564)	8.095 (7.428)	7.473 (8.731)	-	-	0.823	0.832	0.076
/Probit/	120	150	5	3.367 (3.439)	2.716 (4.709)	1.920 (5.555)	0.605 (3.184)	1.828 (4.575)	1.694 (6.771)	-	-	0.818	0.797	0.409
C E S	150	180	4	27.882 (1.976)	27.280 (2.024)	19.150 (2.070)	27.226 (3.079)	121.692 (4.201)	29.017 (2.224)	-0.673 (38.515)	124.442 (7.372)	0.886	0.954	0.0093
V E S	150	180	4	23.032 (8.469)	13.921 (6.190)	11.734 (8.560)	2.918 (6.337)	6.301 (105.086)	12.669 (8.704)	C 40	λ 0.883 (3.674)	0.834	0.875	0.055

() : t value

ただし、I：住宅賃貸収入以外の年間所得（万円/年）、 $\bar{R}$ ：持家住宅価格（万円/年）、R：住宅価格（万円/年）、

X_1 ：敷地面積(m^2)、t：通勤時間(分)、 X_2 ：日当り(時間)、 X_3 ：公共サービス(便利1，不便2)、

Q：騒音レベル(dB(A))、A、B、C、 Ω 、 α 、 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 γ 、 ρ 、 λ 、h：パラメーター

なお、この他にも買い物の便という属性を最初は考慮したが、t値が低いため分析の対象から削除した。

(3) 特定化した効用関数の理論的性質

線型効用関数(7・a)式は最も一般的で単純な関数型であるが、以下の2つの欠点をもつ。1つは、立地予測などにおいてLogitモデルやProbitモデルのような2つの代替案の効用差より選択確率を求めるモデルに線型効用関数を適用した場合、代替案の選択確率が所得レベルに無関係になるという点である。もう1つは、(6)式および(7・a)式によりわかるように住環境評価において線型効用関数を仮定した場合、環境改善による便益と悪化による被害が一致し、また、所得の影響も含まれないという点である。したがって、予測評価の統合モデルのためには線型効用関数の仮定は不適当と考えられる。しかし、非線型効用関数を仮定した場合、関数型が複雑であるため直感的にわかりにくく計算も困難なことが多い。したがって、もしも予測評価において所得の影響が無視できる程度ならば、線型が他の関数型の近似式として有利であるといえる。

線型の次に簡単で非線型である関数は対数線型であるので(7・b)式を採用した。

次のCES関数(7・c)の主な特徴は次の2つである。すなわち、①代替弾力性 ε ($=1/(1+\rho)$)が一定、②代替パラメータ ρ の値に応じて線型($\rho=-1$)、対数線型($\rho=0$)、L字型($\rho\rightarrow\infty$)をその特殊型として含む一般的な関数である。なお、代替弾力性とは、財の量の比率の変化率 $d(X_2/X_1)/(X_2/X_1)$ を限界効用の比率の変化率 $d(U_1/U_2)/(U_1/U_2)$ (ただし、 $U_i=\partial U/\partial X_i$)で除した値である。

VES型関数は、CESに対応する呼称で ε が変動する関数の総数であるが、本研究では対数線型を拡張した型である超越関数を採用する。この他にもVES関数の追求には数々の接近法があり、必ずしもこの超越関数の仮定が良好な結果をもたらすという保証はないが、対数線型の卒直な拡張であるので対象とした。

(4) パラメータの推定結果と考察

推定結果を表-2に示す。(7・a)～(7・d)のいずれの関数型に対しても十分なt値、相関係数COR、適中率HitRを得た。相関係数および適中率でみれば、線型とCESの精度がほとんど差がなく最上位にあり、以下、VES、対数線型の順である。この4つの型の主な相異点は、無差別曲線の曲率(限界代替率)の違いにある。表-2の結果は、現実、その曲率を示す ρ の値が線型に近く、対数線型やその変種であるVESでの曲率よりもかなり小さなことを示している。

次にLogitモデルとProbitモデルによる推定法の違いについて検討してみると、線型、対数型共にCORやHitRは、両者の間でほとんど差はない。このことによりProbitモデルとLogitモデルの精度の優劣は、甲乙つけ難いといえる。しかし、モデルの関数形の複雑さという点から計算に要する手間を考え合わせると、Logitモデルの方が有効であると思われる。

(5) インパクト分析への適用例

表-3 立地条件および住宅価格の変化

立地条件	初期状態		変化後	
	住宅A	住宅B	住宅A	住宅B
価 格 (万円)	2000	2200	1900	2350
騒音レベル (dB/A)	72	63	72	63
敷 地 面 積 (㎡)	90	120	90	120
通 勤 時 間 (分)	40	60	40	20
日 当 たり (時間/日)	12	12	12	12
公 共 の 便 (1or2)	1	1	1	1

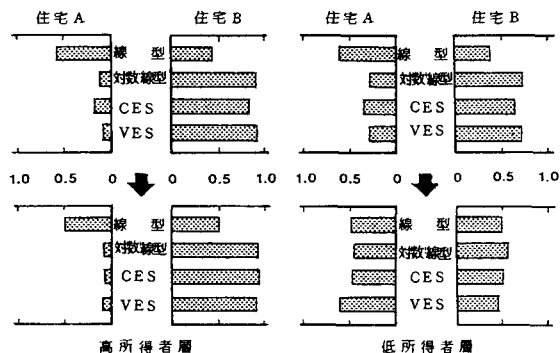


図-1 交通改善インパクトに対する選好比率の推移

インパクトの例として、交通施設改善によって、都心までの時間距離が短縮され、その結果、①住宅Bの通勤時間 t_i ②住宅AおよびBの住宅価格関数 R_i の2つが変化した場合を想定する。変化前後の2つの選択対象AおよびBの住宅の住宅立地条件を表-3に示す。図-1は、関数型別住宅対象A別所得層別の選択確率の変化を示したものである。まず、変化前での選択比率の結果より、Aには低所得者（年収225万円と想定）、Bには高所得者（年収375万円と想定）が住んでいた可能性が高い。このような予測は線型モデルでは不可能であることは、理論的にも実用的にも図-1より明らかである。さて、Bの通勤時間の短縮と、AおよびBの住宅価格が、表-3の3および4欄のように変化したとする。このとき、図-1より線型モデルでは、当然のことながら、所得レベルで選択確率はかわらない。ところが非線型の結果より明らかなように、変化後はむしろ、Bは高所得層に、Aは低所得層にさらに純化することが予想され、本事例は、所得の選択確率への影響を無視できないことを示している。したがって、インパクト分析のためには、線型効用関数の仮定は不適当であり、精度が同程度であるCES型が最良であるといえる。また、以下のこともわかる。すなわち、従来の住み替えモデルの典型であるNested Logitモデルと比較したとき、理論としては、従来の方法が、住み替えををするとしたときの最適案と居住し続ける案とを比較するので、2段階選択になっていた。これに対して、本研究の理論は、他財と住宅資金との代替を考慮しているため③式に示す1段階選択である。また、その推定方法においてもNested Logitモデルと比較して同程度の簡便さを有している。

(6) 住環境改善便益の測定

便益評価の事例として、騒音レベルが改善された場合(EV_1)と悪化した場合(EV_2)をとりあげ、騒音変化

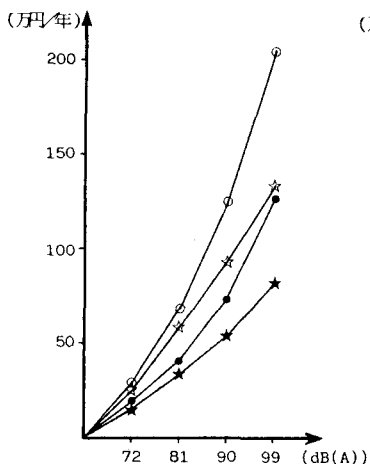


図-2 EV (対数線型)

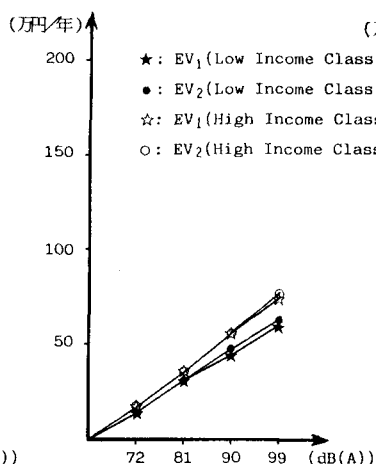


図-3 EV (CES型)

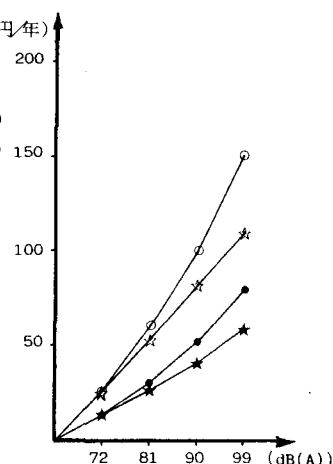


図-4 EV (VES型)

のある地域に居住しつづける持家世帯のうける便益（被害費用）を評価する。居住しつづける世帯のEVは(5)式の V'_{iB} に対して

$$i_B = i_A \quad X'_{iB} = X^0_{iA} \quad R'_{jA} = R^0_{jA} \quad t'_{iB} = t_{iA} \quad \dots\dots\dots (8)$$

を代入すれば、 V'_{iB} が求まる。次に、求まった V'_{iB} と(8)式を(6)式に代入すれば、EVが求まる。

以上の手順を、インパクト分析において不適当と判定した線型以外の3つの非線型効用関数に適用した結果を図-2～4に示す。図より以下のことがわかる。

まず、 EV_1 （便益）、 EV_2 （被害費用）の相対的な大小関係について検討すると、同じ程度の迎向きの騒音の変化に対して高所得者層と低所得者層のそれぞれにおいて便益が被害費用に比較して絶対値で大きい。すなわち、 $|EV_1| > |EV_2|$ となっている。もう1つは、 EV_1 と EV_2 のそれぞれにおいて、高所得層の方が低所得層よりEVの値は大きくなっていることである。この2つの結果は便益の定義より明らかである。

ただし、CES型における EV_1 と EV_2 の差は対数型とVES型に較べて非常に小さい。これは以下の理由による。CES型のパラメータ ρ は理論的には-1から無限大までの値をとりうるが、 $\rho \rightarrow -1$ のとき線型となるので $EV_1 = EV_2$ となることがわかる。パラメータ推定で得られた ρ の値は-0.67で-1に近いために、 EV_1 と EV_2 の差が小さくなったものと考えられる。

データに対する適合性から判断すると、CES型によって測定された EV_1 と EV_2 が、真の EV_1 と EV_2 の値に最も近いと思われ、対数線型とVES型はその無差別曲線の曲率が大きいために、便益評価に対しては敏感すぎるといえる。

最後にCES型の結果によると、便益と被害費用との間の差は実用的に無視できる程度であるが、所得の影響は無視できないことがわかる。また、 EV_1 と EV_2 の値は、年収325万円の世帯では、1dB(A)の改善に対する便益は、18,600円/年(1,550円/月)、年収225万円の世帯では、15,300円/年(1,275円/月)とかなりの便益があることがわかる。

6 おわりに

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

- ① 本統合モデルが、住宅立地の予測とまた住環境の便益評価の両者に、理論的にも実用的にも斉合性をもって適用可能であることを示した。
- ② 従来の立地予測手法では段階的予測が主であった。すなわち、いくつかの代替地から最適な代替地を選択し、次に現在の住居地と比較して移住するかどうかを決定していた。しかし、本研究で提示したモデルは予算制約と時間制約を明示的に導入することにより、現在の居住地も代替地の1つとして含め、最適住宅の選定と移住選定を同時に説明することが可能となった。また、その予測方法も従来の代表的手法であるNested Logit Modelと同程度の簡便さを有していることを示した。
- ③ 世帯の効用関数型としては、線型、対数線型の性質をも一般的に持ち合わせているCES関数が、理論的にも実証的にも最もふさわしく、相関係数、適中率、t値の全ての面で十分なる適用力を有している。
- ④ 従来の非集計で使用されている線型効用関数は、理論的にも実用的にも予測においても便益評価においても所得の変化による影響を抽出できないという意味で適当でない。
- ⑤ ランダム変数の分散を可変にしたLogitとProbitモデルを比較すると、両者とも精度が同程度なのでモデルの関数型の簡単なLogitモデルの方が有用である。
- ⑥ 社会的便益の定義にEVとCVの概念を用いる方法を示し、さらに、便益の定義としてはEVの方が優れていることを示した。
- ⑦ ⑥で一般的に定義された便益を、実際に推定された効用関数から測定する方法を確立した。

なお、以下に述べる点が今後の課題として残っている。すなわち、①世帯の住み替え抵抗のモデルへの組み込み、②アンケート方式と実際の世帯の立地行動との一致性の検討、③今回とり上げた関数型以外の効

用関数型の仮定およびその適用・検討、④不確実性の導入、⑤非線型効用関数における定数項（ $A \cdot B \cdot C$ など）の同時推定のプログラム開発。

＜謝 辞＞

本研究を進めるにあたって、日本住宅総合センターの昭和57年度調査助成金、および文部省科学研究費の交付を受けた。さらに本研究に対して貴重なコメントをいただいた査読者、浅野光行、青山吉隆および林良嗣氏に、感謝の意を表わす次第である。

＜参 考 文 献＞

- 1) Lowry, I.S.: A Model of Metropolis, THE RAND Corporation, 1964.
- 2) Ingram, G.K., J.F. Kain and J.R. Ginn: The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model, National Bureau of Economic Research, Columbia Univ. Press, 1972.
- 3) 青山吉隆：都市施設配置計画のシステムズ・アプローチに関する方法論的研究，京都大学学位論文，1972.
- 4) 浅野光行：都市における交通一活動分布モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，No. 285，pp. 85～99，1979.
- 5) 中村英夫・林良嗣・宮本和明：広域都市圏土地利用交通分析システム，土木学会論文報告集，No. 335，pp. 141～153，1983.
- 6) 三菱総合研究所：環境悪化の社会的費用の測定方法に関する研究，1979.
- 7) 戸田常一：交通施設計画の総合評価とその応用に関する研究，京都大学学位論文，1980.
- 8) 御平清泰・森杉寿芳：新体系土木工学49，社会資本と公共投資，第4章，技報堂，1981.
- 9) Mishan, E.J.: Cost-Benefit Analysis, Third Edition, George Allen & Unwin, 1982.
- 10) Morisugi, H.: A basic definition of transport benefits - Advocating equivalent variation -, Submitted to the World Conference on Transport Research, held on April 26-29, 1983 Hamburg.
- 11) Morisugi, H.: Welfare implications of cost benefit analysis, in International and Regional Conflict, eds. W. Isard and Y. Nagao, Ballinger, pp. 161-185, 1983.
- 12) Morisugi, H.: Measurement of noise damage cost by means of a multiattribute utility function - A comparison of Compensating and equivalent variation - Modeling and Simulation, vol. 13, part 3, pp. 1193-1198, 1982.
- 13) 森杉寿芳・宮武信春・吉田哲生：騒音の社会的費用の計測方法に関する研究，土木学会論文報告集，No. 302，pp. 113～124，1980.
- 14) McFadden, D.: Quantitative methods for analysing travel behaviour of individuals, some recent developments, in Behavioural Travel Modelling, eds. D.A. Hensher, and P.R. Stopher, Croom Helm, 1979.
- 15) 熊谷尚美・篠原三代平編：経済学大辞典1，東洋経済，pp. 187～189，1975
- 16) 林良嗣・礎部友彦・富田安夫：非集計手法を用いた住宅需要分析モデル，第五回土木計画学研究発表会講演集，pp. 547～555，1983.