

# 応用都市経済モデルにおける 立地選択モデルの推定

小池 淳司<sup>1</sup>・友國 純志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail : koike@lion.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 神戸大学 大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail : 159t127t@stu.kobe-u.ac.jp

都市経済の実態や都市政策の分析, 評価を行うためのツールの一つとして用いられている応用都市経済モデル(CUEモデル)では各地域の魅力度をその地域の代表的家計の間接効用関数として設定している。そして, その間接効用関数を基にロジットモデルによって立地選択確率が求められている。既存研究において, 立地選択確率の分散パラメータの値は概ね1とされているが, その統計的検証は行われておらず, その妥当性及び時間安定性などの検証を行った研究もない。本研究では, 神戸市を対象に1980年から2010年のデータに基づき立地選択モデルの推定を行い, 現況再現性から, その妥当性および時間安定性を確認することを目的としている。推定の結果, 分散パラメータの値は1に近い値となったがモデルの予測期間により分散パラメータの値を調整すべきであるとの結論が得られた。

**Key Words** : CUE model, Location choice model, Estimation of dispersion parameter

## 1. 序論

応用都市経済モデル(CUE: Computable Urban Economic Model)は土地利用・交通モデルの発展から誕生した都市モデルである。土地利用・交通モデルは1950年代のローリーモデルより始まり, 1970年代のエントロピーモデルの定式化, そして1980年代にはISGLUTIによる大規模な実用モデルの開発および適用がなされている<sup>1)</sup>。応用都市経済モデルは都市経済の実態や都市政策の分析, 評価を行うためのツールとして構築された実用指向型の都市モデルであり, ミクロ経済学的観点から土地利用交通相互作用モデルを改定した多市場同時均衡モデルである<sup>2)</sup>。

応用都市経済モデルの特徴として, 立地選択行動や交通選択行動に離散選択モデルの一つであるロジットモデルを導入しているという点が挙げられる。応用都市経済モデルは土地利用モデルと交通需要予測モデルにより構築される。土地利用モデルはさらに土地需要モデルと土地供給モデルに分けられる。土地需要モデルにおいては, 各地域の魅力度をその地域の代表的家計の間接効用関数としそれは所得, トリップ費用, 地代等を説明変数として表現される。そして, その間接効用関数を基にロジットモデルによって記述される立地選択確率が求められる。企業や家計の立地行動についての既往研究では主に各主

体の立地選択行動をロジットモデルを用いて表現している。ロジットモデルを用いる理由としては, 各主体の立地選択行動には土地の情報が不十分, 各主体が必ずしも合理的でない等といった不確実性が伴うためである。ロジットモデルにおける分散パラメータの役割は効用が立地選択確率に与える影響の大きさを決めることである。例えば分散パラメータが0であれば, 効用の大小に関係なく各選択肢の選択確率はすべて等しくなり, 分散パラメータが無限大であれば最も効用の大きい選択肢の選択確率が100%となる。

立地選択確率から最終的なアウトプットの一つとして各地域の人口分布が求められ, 人口分布は公共政策の可否やその費用便益評価を行う上で重要な指標である。したがって, 立地選択確率の分散パラメータを正確に求めることは重要であると言える。しかし, これまでロジットモデルによって記述される立地選択確率の分散パラメータは概ね1とされているが, その統計的検証は行われておらず時間安定性及びその妥当性についての研究もなされていない。立地選択確率における調整項がモデルによって計算される推測値が統計データを用いて計算される実測値に合致するように決定される。したがって, 現時点でのデータを用いてモデルを構築し予測を行う応用都市経済モデルでは, 分散パラメータの推定が行われな

かったのだと考えられる。

本研究では、立地選択モデルの推定を行いその経年変化、その妥当性および時間的安定性を確認し考察を行うことを目的としている。推定を行うにあたり、対象となる地域は人口規模が小さすぎず都市発展が昔から今に至るまで続いていることが望ましいと考え神戸市を対象地域とした。神戸市は過去50年で六甲アイランドやポートアイランドなどの人工島が完成したりそれに伴った公共交通が整備されており、また、人工島の設計と並行して神戸市西区や北区などは大規模な宅地開発が行われたことに加え1995年の阪神淡路大震災もあり、人口分布が大きく変化した。以上のようなイベントが神戸市の各地域に対して与えた影響を想定しやすいことから、対象地域として神戸市を選択した。

## 2. 応用都市経済モデル

### (1) 応用都市モデルの全体構造

応用都市経済モデルの全体構造は図-1の通りである。応用都市経済モデルで想定している主体は家計、企業、地主である。それぞれの主体が効用最大化行動を行い、土地市場及び交通市場から提示される価格(地代、交通費用)によって財(トリップ数、土地面積)の消費、投入量が調整されるモデルであり、各ゾーンにおける土地市場と交通市場が同時に均衡するモデルである。モデルの前提条件は以下の通りである<sup>3)</sup>。①経済主体は同一の選考を持つ人口一人当たりで捉えた家計、職業・産業別の区分のない従業者一人で捉えた企業、そして不在地主を考えている。②対象地域は*i*個のゾーンに分割されており、各ゾーン内における同一用途内は同質である。③構築モデルは閉鎖都市モデルであり、都市圏(対象地域)の総人口、総従業者数は外生的に与えられる。④土地市場は等効用原則に基づく均衡土地利用を確率的に拡張し、交通市場は等時間原則に基づく利用者均衡を確率的に拡張しており、土地市場と交通市場が同時に均衡するモデルである。⑤家計は効用最大化行動に従い、企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行うものとし、立地の変化による追加的な費用は一切考慮しない。ただし、本研究では立地選択確率の分散パラメータを推定を主な目的としているため、本章では家計の行動のみに焦点を当てその定式化を行う。

### (2) 家計の行動モデル

家計は私事トリップ(トリップ数)、土地面積(宅地消費量)、合成財を消費し、時間資源を含む総所得制約下において効用が最大になるように行動する。家計の間接効

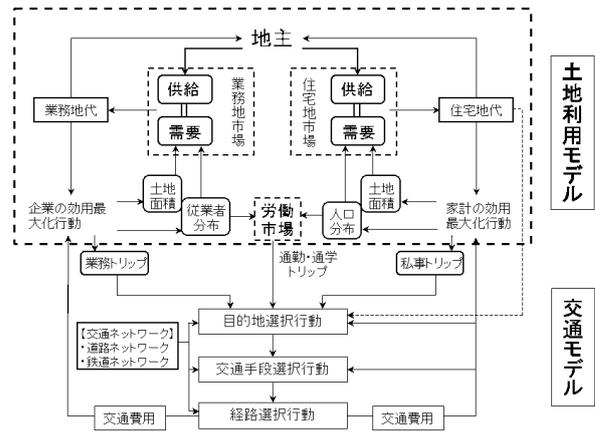


図-1 応用都市経済モデルの全体構造

用関数を特定化し、効用最大化問題として家計の財消費行動モデルを(1)式、(2)式のように定式化しており、私事トリップ(トリップ数)、土地面積(宅地消費量)、合成財を財として間接効用関数は対数線形で特定化している。財消費にトリップ回数を導入している意味としては、買い物や旅行等の外に出かける回数が増加する場合に家計の満足感が向上することを想定しているためである。所得は利用可能時間から通勤時間の差に賃金率(時間価値)を乗じた消費者の賃金所得である。

$$V(q_i, r_i, l_i) = \max_{q_i, r_i, l_i} [\alpha_z \ln z_i + \alpha_x \ln x_i + \alpha_l \ln l_i] \quad (1)$$

$$s.t. z_i + q_i x_i + r_i l_i = w[\Omega - t_{i1}] \equiv I_i \quad (2)$$

ただし、 $z_i$  : 合成財消費量,  $x_i$  : トリップ数,  $l_i$  : 土地面積(宅地消費量),  $q_i$  : トリップ費用,  $r_i$  : 地代,  $t_{i1}$  : ゾーン*i*からゾーン1への通勤時間,  $w$  : 家計の賃金率(時間価値) [円/時間],  $\Omega$  : 総利用可能時間(固定),  $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$  : 支出配分パラメータ

( $\alpha_z + \alpha_x + \alpha_l = 1$ ),  $I$  : 総所得,  $V$  : (間接)効用関数。

(1), (2)式で表される効用最大化問題を解くことにより、合成財消費量、私事トリップ消費量、宅地面積消費量が導出される。

$$z_i = \alpha_z I_i \quad (3)$$

$$x_i = \frac{\alpha_x}{q_i} I_i \quad (4)$$

$$l_i = \frac{\alpha_l}{r_i} I_i \quad (5)$$

ただし、 $z_i$  : 合成財消費量,  $x_i$  : 私事トリップ消費量,  $l_i$  : 宅地面積消費量。

導出された需要関数により間接効用関数が導出される。

表-1 既存研究の立地魅力度関数, 立地選択モデル

既存研究	立地魅力度関数	立地選択モデル
林・富田 [1988] <sup>5)</sup>	$V$	$P = \frac{\exp(V)}{\sum \exp(V)}$
富田・寺島 [2003] <sup>6)</sup>	$V = \max\{U(Z, I, X, S)\} + \mu \cdot \gamma(f)$ $s.t. pZ + rA + (e+g)X + wS = w\left\{\Omega - \frac{\sum NT}{N}\right\} + y$	$P = \frac{\exp(\alpha V)}{\sum \exp(\alpha V)}$
杉本・宮本 [2003] <sup>7)</sup>	$U = \xi z + \zeta Y$	$P = \frac{\exp U}{\sum \exp U}$
大森・高木・ 秋山[2004] <sup>8)</sup>	$u = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$	$P = \frac{\exp[\theta \cdot \mu]}{\sum \exp[\theta \cdot \mu]}$

$$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(r_i) + C \quad (6)$$

ただし,  $C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_x \ln(\alpha_x) + \alpha_l \ln(\alpha_l)$

家計は各ゾーンの立地魅力度に応じて立地を選択する。ここで想定する立地行動は確率的立地行動であり, 家計は効用水準のより高いゾーンへ立地変更できるものとする。ここではロジットモデルを用いて, 立地選択行動を立地選択確率として定式化する<sup>4)</sup>。また, 間接効用関数に含まれていない要因であるゾーン固有の魅力度を調整項として考慮する。各ゾーンの人口は対象都市の総人口に(7)式を乗じた値である。このとき, 分散パラメータの役割は家計の間接効用関数が立地選択確率に与える影響の大きさを決めるものである。分散パラメータは一意に決まり, ゾーン毎に与えられる値ではないことに注意が必要である。

$$P_i = \frac{\exp \theta(V_i + \tau_i)}{\sum_i \exp \theta(V_i + \tau_i)} \quad (7)$$

ただし,  $P_i$ : 立地選択確率,  $\tau_i$ : 調整項,  $\theta$ : 分散パラメータ。

本研究では, (7)式における分散パラメータ  $\theta$  の値を年ごとに推定することが目的である。

### 3. 立地選択モデルにロジットモデルを用いている既往研究

本章では, 立地選択モデルにロジットモデルを用いた既往研究において分散パラメータがどのように扱われているか, つまり分散パラメータの値をどのようにして決定しているかについて整理している。各既往研究の立地魅力度関数あるいは間接効用関数, 立地選択モデルをまとめたものを表-1に示す。

林・富田<sup>5)</sup>では, より効用の高い住宅が見出されたときに住み替えを希望する世帯とそうでない世帯を区別しており, 観測可能な世帯属性変数および住宅属性変数を用いて世帯の間接効用関数  $V$  を表現しているが, 間接効用関数の具体的な決定方法については記載されていない。また, 世帯は居住するゾーンの選択において以下の規範

に従うと仮定している。①世帯は可能な限り立地効用が大きく立地費用の小さい居住ゾーンすなわち立地余剰(立地効用-地価)が最も大きいゾーンを選択する。②立地余剰に差がない場合は供給される住宅戸数の多いゾーンほど選択されやすい。③この供給量は現居住地から遠くなるにしたがって世帯がそれを認知する確率が低下する。以上の選択行動規範に従い住宅タイプ選択モデルを非集計ロジットモデルとして定式化している。このモデルでは立地選択モデルに分散パラメータは含まれていないので分散パラメータが1であると同様である。

富田・寺島<sup>6)</sup>では, 家計は所得制約下で効用最大化行動をすると仮定している。直接効用関数は合成材消費量, 床面積需要量(住宅広さ), 自由トリップ数, 余暇時間を説明変数としている。間接効用関数は直接効用に交通環境負荷による外部不経済を加えたものである。制約条件として所得制約を設けており, 所得は労働所得と資産所得の合計である。ロジットモデル内に含まれる  $\alpha$  の値及びその決定方法については記載されていない。

ただし,  $Z$ : 合成財消費量,  $A$ : 床面積需要量(住宅広さ),  $X$ : トリップ数,  $S$ : 余暇時間,  $\gamma(f)$ : 直接効用に交通環境負荷による外部不経済を加えたもの,  $p$ : 財価格,  $r$ : 地代,  $e$ : 1自由トリップあたりサービス財消費額,  $g$ : 1自由トリップあたり平均交通費用,  $w$ : 賃金率,  $\Omega$ : 利用可能時間,  $N$ : 人口,  $T$ : 通勤所要時間,  $y$ : 資産所得。

杉本・宮本<sup>7)</sup>では, 転居発生モデルとして家計の効用を合成財消費量と説明変数ベクトル, パラメータにより定義している。ここでは転居世帯および新規発生世帯は転居先選択モデル(立地選択モデル)によって次期に居住する住宅の種類と転居先が選択される。転居世帯が住居を選択する確率を表す転居先選択モデル(立地選択モデル)をロジットモデルとして定式化している。このとき転居先選択モデル(立地選択モデル)は転居世帯の効用のみにより表現されている。すなわち, 分散パラメータはモデルに含まれていないため, 分散パラメータが1であると同様である。ただし,  $U$ : 直接効用関数,  $Y$ : 説明変数ベクトル,  $\xi, \zeta$ : パラメータ,  $z$ : 合成財消費量。

大森・高木・秋山<sup>8)</sup>では, 立地魅力度関数を環境要因に応じたメンバシップ値, 原点から重心までの横軸の距離を基に求めている。立地選択モデルは多項ロジットモデルとして求めており, 分散パラメータ  $\theta$  の値(この論文ではロジットパラメータ)は1と明記されている。ただし,  $u$ : 効用水準,  $\mu(z)$ : 環境要因に応じたメンバシップ値,  $z$ : 原点から重心までの横軸の距離。

本章では, 立地選択モデルにロジットモデルを用いた既往研究についてまとめた。立地選択モデルの分散パラメータについては, ①1であると記載されている。②立地選択モデルの値について記載されていない。③分散パラメータの値について記載されていない。のいずれかで

表-2 データとその出典

データ取得元	出典	調査媒体
人口	国勢調査	総務省統計局
土地地代	神戸市統計書	兵庫県都市住宅部
支出配分パラメータ	家計調査報告	総務省統計局
トリップ費用	日本デジタル道路地図	日本デジタル道路地図協会
所得	神戸市統計書	企画調整局

表-3 神戸市の行政区の変遷(過去 50 年)

年表	行政区の変遷
1973 年	兵庫区の一部の区域をもって北区を設置
1980 年	生田区・葺合区の区域に中央区を設置
1982 年	垂水区の一部の区域に西区を設置



図-2 神戸市のゾーニング

あった。以上のように立地選択モデルの分散パラメータについての統計的検証は行われておらず、時間安定性及びその妥当性についての検討も行われていないため、分散パラメータを1として扱うことには疑問が残る。

#### 4. 神戸市の立地選択モデルのデータセット

##### (1) データセットの概要

本研究は、ロジットモデルで表現された立地選択モデルとそれに用いる間接効用関数の分散パラメータに関する研究である。そのため本章では、立地選択確率の実測値を求めるための神戸市の人口分布、および推測値を求めるための家計の間接効用関数に用いるデータの設定方法について述べる。表-2 に示すデータ項目について各種統計データを基に、1980 年から 2010 年までの整理を行う。

##### (2) ゾーニングの設定

ゾーニングについては図-2 のように現在 2015 年における行政区単位とし、東灘区、灘区、中央区、兵庫区、北区、長田区、須磨区、垂水区、西区の 9 ゾーンでそれぞれデータを作成する。なお、本研究ではデータを時系

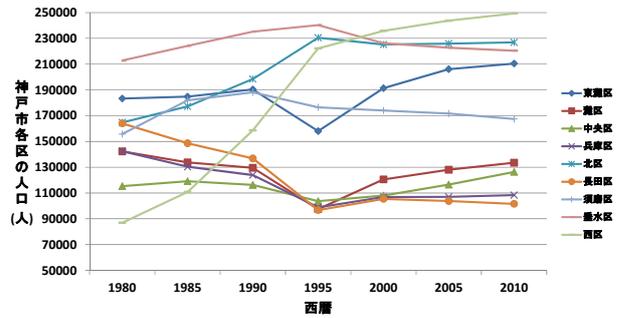


図-3 神戸市各区の人口推移 (人)

列的に整理する必要があるが、神戸市の行政区画は表-3 のように変遷を繰り返した歴史がある。過去の年のデータにおいて現在の行政区画と異なる場合、現在の行政区画に相当するように過去の年のデータを結合または分離をすることで対応することにした。例えば現在の中央区は 1980 年に生田区と葺合区が統合してできた区域である。このような場合、中央区のデータは生田区のデータと葺合区のデータを結合させることで対応した。

##### (3) 支出配分パラメータの設定

支出配分パラメータとは、家計の消費に占める交通、土地、合成財の割合を決定するものである。支出配分パラメータは総務省統計局調べによる 1 世帯あたりの 1 か月間の平均消費支出金額(総世帯)を基にして以下の式から算出する。

$$\alpha_z = 1 - \alpha_x - \alpha_l \tag{14}$$

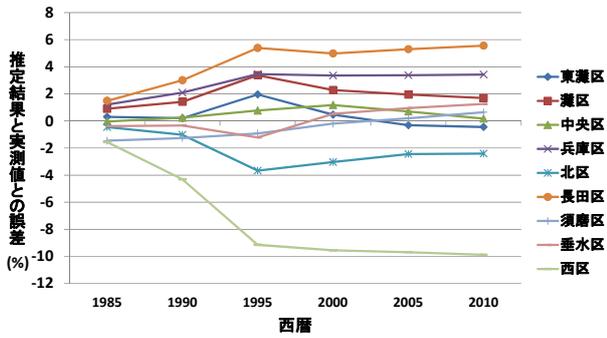
$$\alpha_x = \frac{T}{S} \tag{15}$$

$$\alpha_l = \frac{L}{S} \tag{16}$$

ただし、 $S$  : 1 世帯あたりの 1 か月間の消費支出 (全体),  $T$  : 1 世帯あたりの 1 か月間の交通費用,  $L$  : 1 世帯あたりの 1 か月間の住居費用。

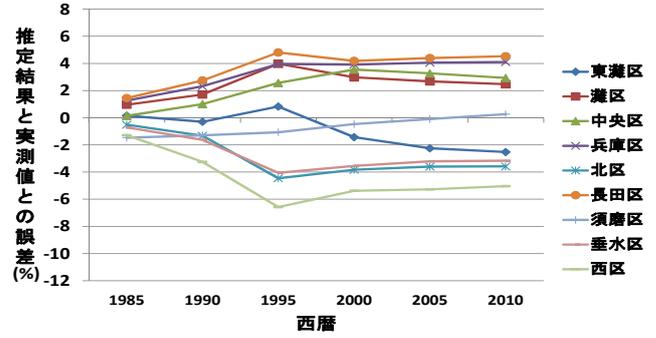
##### (4) トリップ費用の設定

まず、日本デジタル地図協会のデジタル道路地図を用いて道路ネットワークを作成し、交通量配分を行うことでゾーン間所要時間を算出する。求めたゾーン間所要時間を基に時間価値を乗じることでゾーン間交通費用を算出する。なお、同一ゾーン内の交通費用はゼロと仮定している。トリップ費用は求めたゾーン間交通費用を内々を除いたゾーン毎の人口で重みづけした加重平均で表される。



西暦	'80-'85	'80-'90	'80-'95	'80-'00	'80-'05	'80-'10
$\theta$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$R^2$	0.917	0.695	0.281	0.178	0.150	0.089

図-4 従来の方法による推定結果と実測値の差(%)



西暦	'80-'85	'80-'90	'80-'95	'80-'00	'80-'05	'80-'10
$\theta$	0.929	0.729	0.396	0.119	0.069	0.000
$R^2$	0.915	0.675	0.220	0.079	0.047	0.000

図-5 手法1による推定結果と実測値の差(%)

## 5. 立地選択モデルの分散パラメータの推定

### (1) 従来 of 立地選択モデル

はじめに、家計の効用を4章で作成したデータを基に(6)式から算出する。次に、国勢調査から各ゾーンの立地選択確率(実測値)を求める。推定値の算出においては、(7)式で表される立地選択確率を用いる。ここで、既存研究では分散パラメータ  $\theta$  の値は 1 としている。  $\theta=1$  の下で(7)式で表される推計値が求めた実測値に合致するように、調整項  $\tau_i$  をキャリブレーションする。具体的には、以上の方法で 1980 年の調整項  $\tau_i^{1980}$  を決定する。ここで、 $\tau_i^{1980}$  は、1980 年のデータを用いて実測値に合致するようにキャリブレーションした調整項の値である。次に、 $\tau_i^{1980}$  を 1985 年、1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年データの調整項として用いる。つまり、基準年で求めた調整項の値は年を問わず一定である。このとき、各年の各地域の立地選択確率は  $\theta=1$  の下で調整項  $\tau_i^{1980}$  と年毎に設定した家計の間接効用関数によって求められる。図4 から図-7 はモデルで推定された立地選択から実測値の立地選択確率を差し引いた値を地域ごと時間ごとに表した図である。

図4 から、推定結果は基準年である 1980 年より長期の期間を推定する場合に推定値の精度がだんだん低下しているということがわかる。これは、間接効用関数以外の要因、すなわち調整項の時間的変化が捉えられていないためと解釈できる。また、1995 年において推定値の精度が著しく低下した。これは 1995 年に発生した阪神淡路大震災による影響のためであると考えられる。さらに、全期間を通じて西区が過小推計されている要因は、西区は 1980 年以降大規模なニュータウン開発が行われた地域であるからである。このような問題を解消するため、次に提案する2つの手法を用いて分散パラメータを推定し現況再現性がどの程度改善されるか分析する。

### (2) 手法1による分散パラメータの推定

基準年  $t$  (1980年) の分散パラメータを1として立地選択確率の推定値と実測値  $\hat{P}_i^t$  が合致するように  $t$  年の調整

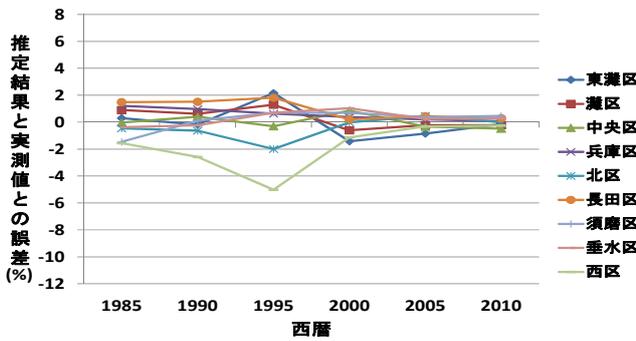
項  $\tau_i^t$  をキャリブレーションにより決定する。次に、基準年  $t$  (1980年) の調整項  $\tau_i^t$  を  $t$  年以降の年  $t'$  の調整項  $\tau_i^{t'}$  に代入し、以下に示す(17)式における誤差  $\epsilon$  が最小の値を取るように  $t'$  年のデータの分散パラメータ  $\theta^{t'}$  を推定する。これが手法1である。この手法を用いた推定結果を図-5に示す。

$$\epsilon = \sum_i (\hat{P}_i^{t'} - P_i^{t'}(\tau_i^{t'}))^2 \quad (17)$$

図-5 から、現況再現性は西区では改善されているが、他の区ではほとんど変化しないか、もしくは悪化している。これは、誤差の二乗和の合計が最小となるように分散パラメータを推定するので、最も現況再現性の低い西区の推定値の改善が優先されるためである。すなわち、この結果は対象地域特有の現象であると考えられる。分散パラメータの推定方法については、(17)式を用いた推定方法よりも適した推定方法がある可能性がある。また、分散パラメータの推定結果については推定する年が基準年  $t$  (1980年) より遠ざかるにつれて、1 から小さくなっていった。また、2010 年の分散パラメータの値の推定結果は 0 となっている。これは、立地選択確率と実測値との差が大きければ分散パラメータの値が 0 のときに(17)式が最小の値となるからである。ただし、 $\theta^t$  :  $t$  年の分散パラメータ、 $\theta^{t'}$  :  $t'$  年の分散パラメータ、 $\tau_i^t$  :  $t$  年の調整項、 $\tau_i^{t'}$  :  $t'$  年の調整項、 $P_i^t$  :  $t$  年の立地選択確率、 $P_i^{t'}$  :  $t'$  年の立地選択確率、 $\hat{P}_i^t$  :  $t$  年の国勢調査から求めた立地選択確率(実測値)、 $\hat{P}_i^{t'}$  :  $t'$  年の国勢調査から求めた立地選択確率(実測値)。

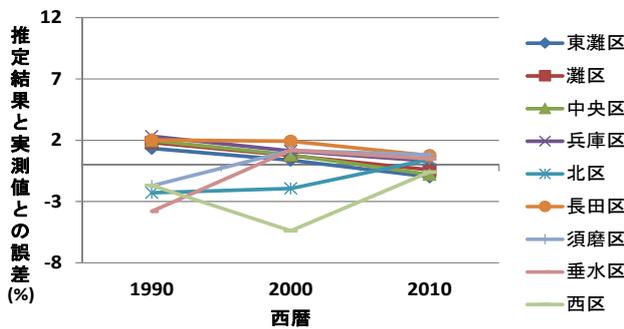
### (3) 手法2による分散パラメータの推定

基準年  $t-5$  における分散パラメータの値を1とし、立地選択確率の推定値  $P_i^{t-5}$  と実測値  $\hat{P}_i^{t-5}$  が合致するように  $t-5$  年の調整項  $\tau_i^{t-5}$  をキャリブレーションにより決定する。次に、 $t-5$  年の調整項  $\tau_i^{t-5}$  を  $t$  年の調整項  $\tau_i^t$  に代入する。代入した後、5 年間隔で推定する場合は、以下に示す(18)式における誤差  $\epsilon$  が最小の値を取るように  $\theta^t$



西暦	'80-'85	'85-'90	'90-'95	'95-'00	'00-'05	'05-'10
$\theta$	0.929	0.950	1.291	0.868	0.958	0.989
$R^2$	0.915	0.906	0.855	0.973	0.993	0.996

図-6 手法2による推定結果(5年間隔)と実測値の差(%)



西暦	'80-'90	'90-'00	'00-'10
$\theta$	0.332	1.054	0.940
$R^2$	0.534	0.795	0.982

図-7 手法2による推定結果(10年間隔)と実測値の差(%)

を推定する。これが手法2である。このとき  $t=1985, 1990, \dots, 2010$  である。結果を図-6に示す。

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{P}_i^t - P_i^t (\tau_i^{t-5}))^2 \quad (18)$$

図-6 から、手法2は阪神大震災の影響がある1995年を除き、推定結果は再現性があるといえる。これは、5年という年月では、各土地の魅力度は大きく変化しないためであると考えられる。ただし、 $\tau_i^{t-5}$  :  $t-5$  年の調整項、 $P_i^{t-5}$  :  $t-5$  年の立地選択確率、 $\hat{P}_i^{t-5}$  :  $t-5$  年の国勢調査から求めた立地選択確率(実測値)。

#### (4) 分析期間に応じた分散パラメータの推定(手法2)

手法2を用いた推定結果が、分析期間を変えたときにどのようなか感度分析を行う。具体的には、分析期間を10年間隔(基準年を $t-10$ ( $t=1990, 2000, 2010$ )), 1年間隔(基準年を $t-1$ ( $t=1981, 1982, \dots, 2010$ ))とした場合においてそれぞれ推定を行う。つまり、分析期間が10年間隔となる場合は、以下に示す(19)式における誤差 $\varepsilon$ が最小の値を取るように $\theta^t$ を推定する。分析期間が1年間隔となる場合は、以下に示す(20)式における誤差 $\varepsilon$ が最小の値を取るように $\theta^t$ を推定する。

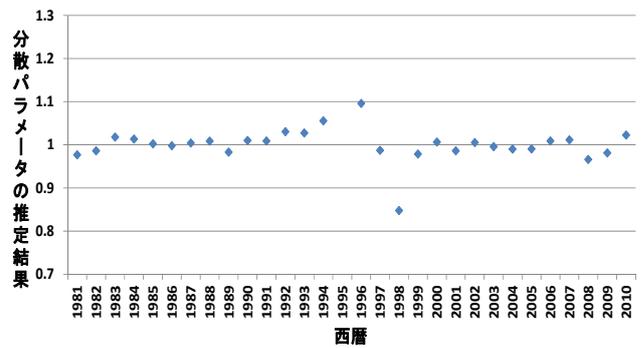


図-8 手法2による分散パラメータの推定結果(1年間隔)

表-4 手法2による分散パラメータの推定結果の平均値

分析期間	1年間隔	5年間隔	10年間隔
$\theta$ の平均値	1.010	0.940	0.775

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{P}_i^t - P_i^t (\tau_i^{t-10}))^2 \quad (19)$$

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{P}_i^t - P_i^t (\tau_i^{t-1}))^2 \quad (20)$$

図-7は、手法2を用いて分析期間を10年とした場合の結果である。分散パラメータの値は正の値であるから分散パラメータの値によって各ゾーンの立地選択確率の大小関係は変化しない。したがって、人口分布が大きく変動せず、各ゾーンの人口の大小関係が変わらなければ推定結果の精度は高く、分散パラメータの値の推定結果も1から大きく変化するということはない。各ゾーンの人口分布が大きく変動せず、大小関係もほとんど変わらなかった2000年から2010年にかけて、推定結果が比較的安定しているのはそのためであると考えられる。一方、1980-1990年の推定結果については、相関係数が小さく算出され分散パラメータの値も1から大きく変化している。その理由として1980年から1990年にかけては、各ゾーンの人口分布は、変動し特に西区の人口増加により各区の人口分布の大小関係が大きく変化したためだと考えられる。

図-8は、手法2を用いて分析期間を1年とした場合の分散パラメータの推定結果である。1年という年月では、人口分布はほとんど変化せず、大小関係も変化しない。そのため年間隔が1年の場合の推定結果の精度は分析期間が5年間隔、10年間隔の場合と比較して最も高く分散パラメータの推定結果も1995年と1998年の結果を除いて0.9~1.1の間に位置しており、1からほとんど変化しない。

表-4はそれぞれの分析期間で推定された分散パラメータの平均値を示している。これにより、より長期の予測に際しては、分散パラメータをある程度低くすべきであると考えられる。

## 6. 結論

本研究では、既存研究の分析手法の問題点を明確にするため、従来の推定方法により立地選択モデルの推定を行った。その結果から、より遠い将来を予測する場合に推定結果の精度が著しく低下するということが分かった。それに対して、本研究では分散パラメータの推定方法を2種類提案し実証分析を実施した。まず初めに、従来の推定方法から分散パラメータを推定した場合に推定結果の精度はどの程度改善されるかを手法1を用いて推定を行った。

手法1を用いた結果、従来の方法と比較して立地選択確率の推定精度はあまり向上せず、分散パラメータの推定結果は基準年から遠ざかるにつれて小さい値をとることが分かった。そこで、基準年を推定する年に応じて変化させた場合に推定結果がどのように改善されるかを手法2を用いて分析した。

手法2を用いて、立地選択確率の推定を行った結果、手法1と比較して推定精度は高いという結果が得られた。立地選択モデルにおいては、所得、トリップ費用、地代により計算される間接効用に比べて実際の人口分布から計算される調整項の方が優位に働く。従って、人口分布が大きく変化せず地域ごとの大小関係も変わらなければ調整項があまり変化せず、結果として立地選択確率の推定精度が高くなったのだと考えられる。調整項があまり変化しない場合は、分散パラメータの値も元の値である1から大きく変化しないため、手法1よりも良い結果が得られたのだと考えられる。また、分析期間に応じて分析を行った結果、表4に示すように分析期間が広がるほど分散パラメータの値は1から小さくなることが分かった。前述したように調整項は人口分布の変化や各地域の大小関係に左右され、分析期間が広がるとこれらの変化が大きくなる可能性が高い。従って、分析期間が広がると推定する年でキャリブレーションした場合の調整項の値と基準年でキャリブレーションした場合の調整項の値が乖離する可能性が高くなり、結果として分散パラメータが1から小さく推定されたと考えられる。

応用都市経済モデルでは、調整項はゾーン固有の魅力

度として立地選択モデルに組み込まれている。ゾーン固有の魅力度は時代によって変化し長い年月が経てば大きく変化すると考えられる。また、震災などのイベントが土地利用に与える影響は大きく阪神淡路大震災が発生した1995年の推定結果の精度が低いのは、震災によってゾーン固有の魅力度が短期的に大きく変化したためであると考えられる。以上より、調整項が立地選択に与える影響は大きく、どのようにして調整項を設定するかがモデルの精度に影響すると考えられる。推定期間が小さい場合は分散パラメータの値を1としても立地選択モデルの信頼性は損なわれないが、長期的予測の場合は分散パラメータの値を変えることで、モデルの精度の向上に寄与する。

## 参考文献

- 1) 上田孝行：Excelで学ぶ・地域都市経済分析，コロナ社，2010.
- 2) 山崎清，武藤慎一：開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析，運輸政策研究，vol.11，No.2，pp.14-25，2008.
- 3) 堤盛人，山崎清，小池淳司，瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望，土木学会論文集，Vol.68，No.4，pp.344-357，2012
- 4) 上田孝行，堤盛人，武藤慎一，山崎清：わが国における応用都市経済モデル—特徴と発展経緯—，計画・交通研究会ワーキングペーパーシリーズ，WP09-04，2009.
- 5) 林良嗣，富田安夫：マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル-住宅地-人口属性構成予測モデル，土木学会論文集，No.395/IV-9，pp.85-94，1988.
- 6) 富田安夫，寺嶋大輔：最適な都市構造実現のための土地利用・住宅・交通政策のパッケージ化手法，第28回土木計画学研究発表会・講演集，2003.
- 7) 杉本直，宮本和明：土地利用マイクロシミュレーションモデルにおける空間集計・主体集計の影響分析，第28回土木計画学研究発表会・講演集，No.28，2003.
- 8) 大森貴仁，高木朗義，秋山孝正：ファジィ推論を用いた都市政策評価のための立地均衡モデルの構築，土木計画学・論文集，Vol.21，255-264，2004.

## Estimation of the Location Choice Functions in CUE model

Atsushi KOIKE and Masashi TOMOKUNI

CUE model (Computable Urban Economic models) is a tool for analyzing real urban economies and evaluating urban policies. In CUE model, utility level of Household is formularized as Household behavior model. Households earn income by providing labor and consume composite goods and land services so as to maximize utility under given monetary and time constraints. Location Choice function is formularized as logit model based on Household's utility. The dispersion parameter of the Location Choice Function has been normalized as 1. However, the statistical verification or the verification about the time stability or the validity of the parameter still has not

been done. About the estimated results of the dispersion parameter, the dispersion parameter's value is about 1. However, It is thought that the dispersion parameter's value depends on estimated year. Thus the reliability can be improved by changing the dispersion parameter's value.