

鳥取大学 正会員 小池 淳司
鳥取大学大学院 学生会員 ○漆谷 敏和

1. 背景と目的

本来、都市計画を策定する際には、時代、年代、世代の住民ニーズに応じた都市サービスが長期的に提供されることが理想的である。しかし、それは都市施設や住宅施設に一度投資をすると影響が長期間にわたることや、住民の移住が困難なことから現実的には難しい。つまり、長期的な都市計画の理想と現実との間でミスマッチが発生してしまう。このミスマッチにより、現在わが国のニュータウンでは多くの問題が起こっている。具体的には、図 1 で示すような人口構造の急激な変化による学校の廃校や、採算が合わなくなった公共交通機関の撤退、防犯上好ましくない空き屋の増加という問題等がある。

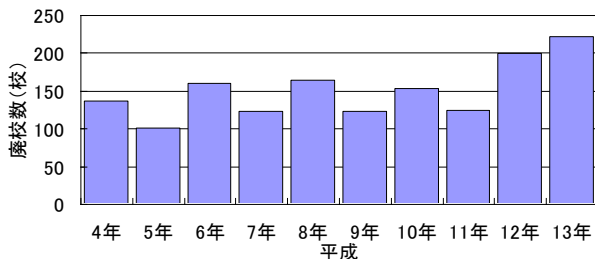


図 1 全国小学校廃校数の推移

出典：文部科学省施設助成課廃校施設の実態及び有効活用状況等調査研究報告書

このような問題を解決するためには、社会環境の変化に対する世代別立地変化を事前に予測しておくことが重要である。

そこで本研究では、世代別立地変化を考慮するために土地利用政策と交通整備政策を横断的に評価可能な従来の応用都市経済モデル (Computable Urban Economic Model) に一定期間における各世代の人口の変化率が将来にわたって維持されるものと仮定して将来人口を推計するコーホートモデルの概念を組み込んだモデルを構築する。そして、構築したモデルを図 2 に示す対象地域となる広島市の都市政策に適用して、社会環境の変化に対する世代別立地変化を予測し、従来の CUE モデルでの各経済指標の計測結果との違いを検証し、ミスマッチを分析する。

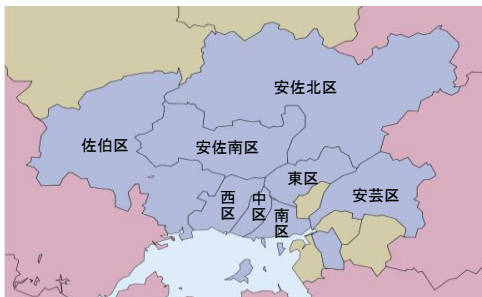


図 2 対象地域

2. 世代別立地行動を考慮した CUE モデルの構築

モデルの仮定は以下のとおりである。

- ・経済主体は同一の選好を持つ人口 1 人当たりで捉えた家計、地主を仮定している。
- ・閉鎖都市モデルであり、対象地域の総人口は外生的に与えられる。
- ・都市政策の道路混雑への影響と企業立地の影響は考慮していない。
- ・対象都市は交通条件や環境水準が同じとみなせる範囲ごとに分割されており、その範囲をゾーンと呼ぶ。
- ・対象都市圏は広島市の 8 区である。
- ・土地市場は各ゾーンに存在する。
- ・サービス産業の立地は各ゾーンの業務地で固定されているとし、その従業者数のゾーン別分布は外生変数として扱う。
- ・合成財企業はすべて中区のみに立地しているとし、家計はすべて中区に通勤すると仮定する。
- ・通勤費を除く平均的な所得を 60 歳以上は 190 万円、その他は 350 万円とした。

また、本研究で構築するモデルの属性を表すラベルを以下に示す。

$m \in M = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$: 家計の属性を表すラベル, 1: 0-10 歳, 2: 10-20 歳, 3: 20-30 歳, 4: 30-40 歳, 5: 40-50 歳, 6: 50-60 歳, 7: 60 歳以上

$i \in I = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$: ゾーンを表すラベル, 1: 中区, 2: 南区, 3: 東区, 4: 西区, 5: 安佐南区, 6: 安佐北区, 7: 安芸区, 8: 佐伯区

$t \in T = \{1, 2\}$: 年を表すラベル, 1: 2005 年, 2: 2035 年

ここで、本研究でモデルを構築する際に用いるコーホートモデルの概念とは図 3 に示すように、横軸に世代、縦軸に期間をとったものである。この図の横軸の世代がラベル m にあたり、縦軸の期間がラベル t にあたる。また、本研究では世代別の時間変化を捉えるために、従来の CUE モデルの労働者と高齢者の 2 区分であった世代を 10 歳ごとに 7 区分にした。

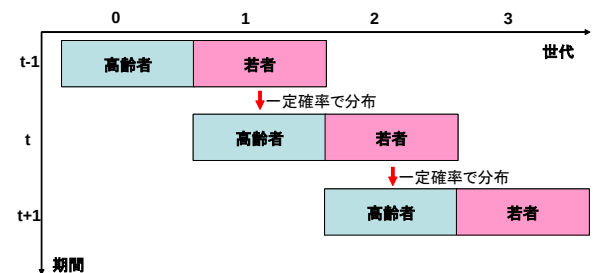


図 3 コーホートモデルの概念

(1) トリップ費用及び目的地選択モデル

各ゾーンのトリップ費用 q_i はゾーン間トリップ費用 q_{ij} を OD トリップで加重平均した値である。

$$q_i = \sum_j p_{ij}^T q_{ij}$$

OD トリップの目的地選択確率 (p_{ij}) はロジットモデルを用いているため、厳密には期待最小費用を用いるのが適切であるが、モデルの簡略化のため、OD 加重平均費用を用いている。

$$p_{ij}^T = \frac{\exp[\theta^s q_{ij} + \phi E_j]}{\sum_j \exp[\theta^s q_{ij} + \phi E_j]}$$

立地選択確率に関しては間接効用関数以外の項目 (τ) も考慮する。

$$p_i^{m^t} = \frac{\exp \hat{\theta}^m (V_i^{m^t} + \tau_i^{m^t})}{\sum_i \exp \hat{\theta}^m (V_i^{m^t} + \tau_i^{m^t})}$$

ただし、 q_{ij} : ゾーン間トリップ費用、 p_{ij} : OD トリップの目的地選択確率、 E_j : 目的地の商業もしくはは公共サービスの規模、 θ : パラメータ、 ϕ : パラメータ、 τ : 間接効用関数以外の項目

(2) 家計の行動モデル

各地域の家計の効用関数を対数線型にて特定し、時間所得を含む総所得制約のもとでの効用最大化問題として家計の行動モデルを以下のように定式化する。

$$V_i^{m^t} = \max_{z_i^m, x_i^m, l_i^m} [\alpha_z^m \ln(z_i^m) + \alpha_x^m \ln(x_i^m) + \alpha_l^m \ln(l_i^m)]$$

$$s.t. \quad z_i^m + q_i x_i^m + r_i l_i^m = I_i^m = w^m [\Omega^m - t_{i1}]$$

ただし、 $V_i^{m^t}$: (間接) 効用関数、 z_i^m : 合成財消費量、 x_i^m : 私事トリップ消費量 (トリップ数)、 l_i^m : 住宅地消費量 (敷地面積)、 $\alpha_z^m, \alpha_x^m, \alpha_l^m$: 分配パラメータ ($\alpha_z^m + \alpha_x^m + \alpha_l^m = 1$)、 q_i : トリップ費用、 r_i : 地代、 I_i^m : 総所得、 w^m : 労働者の賃金率 (時間価値) [円/時間]、 Ω^m : 労働者の総利用可能時間 (固定)、 t_{i1} : ゾーン i からゾーン 1 への通勤所要時間

※ここでトリップ費用は往復を示している。

(3) 土地需要モデル

各ゾーンの立地者数 $N_i^{m^t}$ は都市圏の総労働者数 NT^{m^t} に立地選択確率を乗じて算出される。

$$N_i^{m^t} = p_i^{m^t} NT^{m^t}$$

立地者の土地需要量は敷地面積と立地者数を乗じて以下のように表される。

$$D_i^{m^t} = l_i^m N_i^{m^t}$$

ただし、 $N_i^{m^t}$: 各ゾーンの立地者数、 NT^{m^t} : 総労働者数、 $D_i^{m^t}$: 土地需要量

(4) 土地供給モデル

各地域には不在地主がおり、労働者、高齢者に対し、住宅地を供給する。その行動を利潤最大化行動として以下のように定式化する。

$$\Pi_i = \max_{y_i} [r_i y_i - C(y_i)]$$

$$s.t. \quad C(y_i) = -\sigma_i Y_i \ln \left(1 - \frac{y_i}{Y_i} \right)$$

ただし、 Π_i : 不在地主の住宅地供給に関わる利潤、 y_i : 住宅地供給面積、 r_i : 住宅地代、 σ_i : パラメータ、 Y_i : 住宅地供給可能面積

(5) 市場均衡

CUE モデルでは、土地市場にのみ着目する。ただし、それらは地域ごとに存在するものとする。ここでは住宅地それぞれに土地供給がなされるとしているため、土地市場もそれぞれに存在する。その土地市場均衡条件が以下のとおりである。

土地の需給

$$y_i = \sum_m D_i^{m^t}$$

労働者の総人口制約

$$\sum_i N_i^{L^t} = NT^{L^t}$$

高齢者の総人口制約

$$\sum_i N_i^{O^t} = NT^{O^t}$$

ただし、 L : 労働者を表すラベル、 O : 高齢者を表すラベル

(6) 便益の定義

家計の便益は等価的偏差 (EV : Equivalent Variation) で計測する。EV は変化後の効用水準を維持するという条件下で政策なしの状態にとどまるために必要と考える最小補償額であり、間接効用関数を用いて以下のように定義できる。

$$V(q_i^A, r_i^A, I_i^{mA} + EV_i^m) = V_i^B$$

ただし EV : 等価的偏差、A : 施策無し、B : 施策有りこれを EV について解くと、以下ようになる。

$$EV_i^m = \left(\frac{q_i^A}{q_i^B} \right)^{\alpha_x^m} \left(\frac{r_i^A}{r_i^B} \right)^{\alpha_l^m} I_i^{mB} - I_i^{mA}$$

ここで上式は立地者 1 人に対する便益であり、ゾーン別の便益を算出する場合にはゾーン人口を乗じる必要がある。この立地変化を考慮した便益計測は武藤・上田 (2000) によって示された以下の近似計算を用いる。

$$ZEV_i^m = EV_i^m \frac{N_i^{mA} + N_i^{mB}}{2}$$

地主の便益は家計と異なり、各ゾーンに 1 人存在すると仮定しているため、以下の式をそのまま利用することが可能である。

$$EV_i^{LH} = \int_{\Pi_i^{LHA}}^{\Pi_i^{LHB}} d\Pi_i^{LH} = \int_{A \rightarrow B} y_i dr_i = \frac{1}{2} [y_i^A + y_i^B] [r_i^B - r_i^A]$$

3. 立地ロジットパラメータの設定

本研究では立地ロジットパラメータを設定した。立地ロジットパラメータを設定するためには、広島市の各区における間接効用関数を算出する必要がある。また、間接効用関数を算出するために必要なデータは、広島市の各区の人口、トリップ費用、地価、世代別の所得である。しかし、広島市における各区のトリップ費用と世代別の所得のデータが存在しない。そのため、広島県の各市町村の地価、所得のデータを用いて、広島県の各市町村の間接効用関数を算出してパラメータを設定し、その値を広島市のパラメータとした。また各市町村のトリップ費用のデータについては、広島県のデータも存在しないため間接効用関数の式よりその項を省略した。ここで間接効用は以下の式である。

$$V_i^m = \ln(I_i^m) - \alpha_i^m \ln(r_i^m)$$

ただし I_i^m : 広島県の各市町村の所得, r_i^m : 広島県の各市町村の地価
また、算出した間接効用関数より立地選択確率の推計値を以下の式で算出する。

$$\hat{P}_i^m = \frac{\exp \theta^m V_i^m}{\sum_i \exp \theta^m V_i^m}$$

ただし、 θ_i^m は初期値として 1 を与えている。
さらに、立地選択確率の実測値を以下の式で算出する。

$$P_i^m = \frac{N_i^m}{NT}$$

ただし NT : 広島県の総人口, N_i^m : 各市町村の人口
これらの推計値と実測値より、立地ロジットパラメータ θ_i^m を設定する。まず、立地選択確率の推計値と実測値の誤差を以下の式を用いて算出する。

$$e_i = (\hat{P}_i^m - P_i^m)^2$$

ただし、 $\hat{P}_i^m$: 立地選択確率の推計値, P_i^m : 立地選択確率の実測値

ここで算出される立地選択確率の推計値と実測値の誤差をゼロにするようにキャリブレーションを実施する。この値 52.31 を立地ロジットパラメータとして用いた。また、その他のパラメータである商業重みパラメータ、ロジットパラメータは基準モデルの値を用いており、その値は表 1 に示したとおりである。

表 1 パラメータ

θ H:立地ロジットパラメータ	52.311
商業重みパラメータ:ψ s	0.00028
ロジットパラメータ:θ s	-0.3

4. 現況再現性の比較

本研究では広島市の 8 区域を対象地域とし、立地者数に関する現況再現性の確認を行った。表 2 は各モデルの違いについて示したものである。従来の CUE モデルを基準モデル、本研究で構築したモデルで間接効用以外の項目 τ を 2005 年の値で固定したものをモデル A、 τ を各年で設定したものをモデル B とする。 τ は立地選択確率を推計するために重要な項であり、これを固定するか各年で設定するかでは推計結果に大きく影響を与えるものである。

表 2 各モデルの比較一覧

	立地選択確率	世代属性	立地選択における感応度	間接効用以外の項目
基準モデル	$P_i^{m*} = \frac{\exp \theta^m (V_i^{m*} + \tau_i^m)}{\sum_i \exp \theta^m (V_i^{m*} + \tau_i^m)}$	$m \in M = \{1, 2\}$ 1: 労働者 2: 高齢者	θ^m 既存研究 $\theta^1 = 2.4$ $\theta^2 = 2.0$	τ_i^m
モデル A (2005 年の τ 固定)	$P_i^{m*} = \frac{\exp \hat{\theta}^m (V_i^{m*} + \tau_i^m)}{\sum_i \exp \hat{\theta}^m (V_i^{m*} + \tau_i^m)}$ $m=1, 5 \sim 7$ は t-1 期の確率	$m \in M$ $= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 1: 0-10 歳 2: 10-20 歳 3: 20-30 歳 4: 30-40 歳 5: 40-50 歳 6: 50-60 歳 7: 60 歳以上	$\hat{\theta}^m$ 広島県の所得、地価より設定 $\theta^{2 \sim 6} = 52.31$	τ_i^{m*}
モデル B (各年ごとに τ 設定)	$P_i^{m*} = \frac{\exp \hat{\theta}^m (V_i^{m*} + \tau_i^{m*})}{\sum_i \exp \hat{\theta}^m (V_i^{m*} + \tau_i^{m*})}$ $m=1, 5 \sim 7$ は t-1 期の確率			

各モデルの現況再現性を比較すると表 3 よりモデル B が最も高いことがわかる。これは、基準モデルでは立地者が都市政策に反応して瞬時に動く設定になっているのに対し、本研究で構築したモデル B ではコーホートモデルの概念を組み込んでおり、各世代の立地選択確率は将来にわたって一定確率で分布するという現実の反応に近い設定をしているためである。

よって、本研究で構築したモデル B が最も現状を捉えたモデルであるといえる。

表 3 立地者数に関する現況再現性

	基準モデル	モデル A	モデル B
決定係数	0.92	0.96	0.98

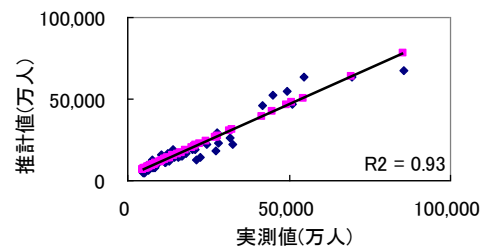


図 4 基準モデルの現況再現性

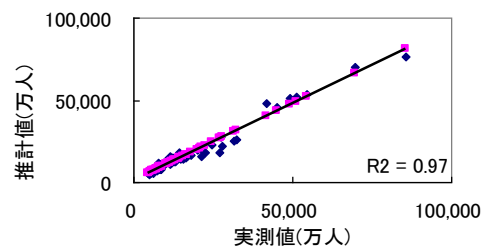


図 5 モデル A の現況再現性

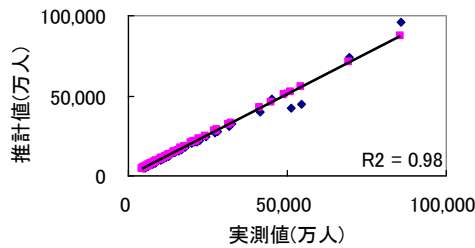


図6 モデルBの現況再現性

5. 実証分析

本研究では広島市を対象に、2005年に市街化区域変更の政策を実施し、2035年に道路整備政策を実施した場合の基準モデルと現況再現性の最も高いモデルBにおける立地者数、総便益の計測結果の比較を行った。また、両モデルを比較するにあたりモデルBのパラメータは基準モデルと同じ値を使用した。

具体的に市街化区域変更は、広島市の郊外である佐伯区の市街化区域を50%増加させる政策を実施した。また、道路整備は、佐伯区から中心市街地である西区までの区間距離を短縮する政策を実施した。

図7は各モデルの佐伯区の立地者数の変化を示したものであり、どちらの政策でもモデルBのほうが基準モデルより小さい。また、図8は各モデルの総便益を示したものである。総便益はどちらの政策においてもモデルBのほうが基準モデルの総便益より小さくなっている。総便益については、モデルBでは、立地者数の変化数が政策前後の状態を比べて政策前が多いと総便益は大きくなる。また、少ないと小さくなる。つまり、立地者数の変化や総便益の比較に差が出る原因は、各モデルで現況再現性が異なるためである。

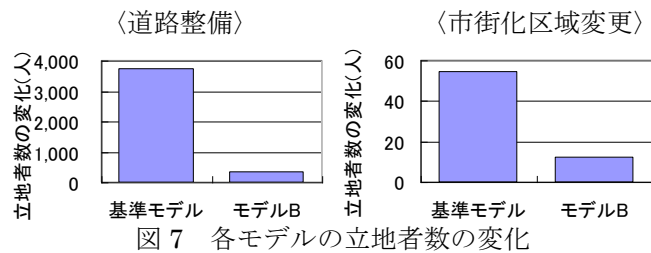


図7 各モデルの立地者数の変化

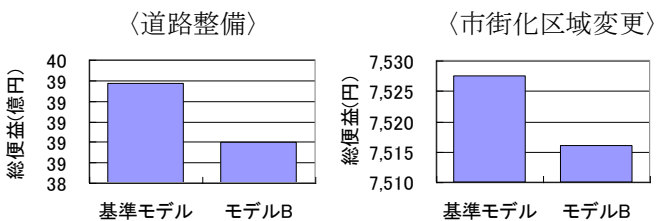


図8 各モデルの総便益

6. まとめ

立地者数に関する現況再現性については、本研究で構築したモデルのほうが基準モデルよりも高いという結果が得られた。これは、本研究では、立地ロジットパラメータを広島市の地価、所得のデータより設定したこと、またコーホートモデルの概念を組み合わせる

ことでより現実の反応に近い設定をしているためである。また、佐伯区において2005年に市街化区域の変更を実施し、2035年に道路整備を実施した場合の立地者数の変化、総便益の計測結果を、基準モデルとモデルBで比較した結果をみると、各政策ともにモデルBよりも基準モデルのほうが立地者数の変化も総便益も大きいことがわかる。これは、基準モデルでは、都市政策に反応して瞬時に立地移動が起こるためである。一方、現状をより捉えている本研究で構築したモデルでは、コーホートモデルの概念を組み合わせることで都市政策をしても、立地選択確率が将来にわたって維持されるため、立地者数の変化、便益が小さくなっている。以上のことから、従来モデルでは、都市政策をすると人々が瞬時に立地移動をするという現実とは異なる動きをすることで、便益が過大評価される危険性が高いということがいえる。便益が過大評価され、それをもとに実際に政策を行うと現実では計画よりも便益が小さくなり、ミスマッチが発生してしまう。しかし、本研究で構築したモデルではより現実を捉えたモデルになっているため、そのようなミスマッチを従来のモデルよりは小さくできると考えられる。よって、都市計画の理想と現実の間で発生するミスマッチをより小さくできるものとなった。これより、都市計画を策定する際に、どのような計画をすれば良いのかをより明確にできると考えられる。また、今後の課題としては本研究モデルを広島市の都市政策に適用するにあたり、商業重みパラメータ、ロジットパラメータ、所得、時間価値のパラメータの推計は行っておらず、既存研究の値を用いている。そのためモデルの再現性をより高めるためには、広島市におけるそれらのパラメータを推計する必要がある。また、今回推計した立地ロジットパラメータは広島市のデータから設定したものであるため広島市のデータから設定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 武藤慎一・上田孝行・高木朗義・富田貴弘：応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.17，pp.257-266，2000。
- 2) 前田敬・北村隆一：コーホート及び都市類型に着目した自動車利用変化の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.30，CD-ROM，2004。
- 3) 山崎清・武藤慎一・上田孝行・助川康：東京圏における応用都市経済モデルの適用，土木計画学研究・講演集，Vol.31，CD-ROM，2005。
- 4) 竹下博之・大杉苑子・福本雅之・加藤博和・林良嗣：大規模ニュータウンにおける当初計画と実際の交通活動との乖離がもたらす諸問題の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.35，CD-ROM，2007。
- 5) 宮澤俊治・高木朗義・秋山孝正・大森貴仁：ファジィ推論を用いた世代別立地均衡モデルの開発，土木計画学研究・講演集，Vol.32，CD-ROM，2005。