

立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築

A Practical Land Use-Transport Interaction Modeling Considering the Change of Location

尹 鍾進* ・ 青山吉隆** ・ 中川 大*** ・ 松中亮治****

Jong Jin YOON, Yoshitaka AOYAMA, Dai NAKAGAWA, Ryoji MATSUNAKA

1. はじめに

近年の社会動向を考慮すると、都市・地域計画を支援するためのモデルは、人口の移動および地域における産業活動や人口が減少するような状況をも反映できるようなものにする必要がある。

これに対して、近藤¹⁾、森杉²⁾、上田³⁾らが人口移動や住み替え行動に関する分析を行っているが、人口に限って分析を行っており、産業活動等を考慮していないため、都市・地域計画を支援するためのモデルとしては十分ではない。

一方、芝原⁴⁾は、従来の大半の土地利用モデルが固定層を含めた全ての層を立地配分対象とするか、更新層のみを立地配分対象としていることに対して、浮動層、固定層の概念を導入することによって、新規需要がなくても浮動層（内部移転）の存在により土地利用現象の変化を表現することが可能となるようにモデル化した。しかし、このモデルは活動主体としての土地供給者の行動をモデル化していない。また、今後開発される土地利用・交通モデルが継承し発展させる必要がある概念⁵⁾とされているものの一つである価格競争による立地競合も十分表現できていないといえない。

土地供給に関する従来の研究は、外生的に供給面積を与えているものと内生的に決定しているものに分けられる。内生的に供給面積を決定している研究は、さらに、確率論的に土地供給面積をモデル化したものと資産選択行動をモデル化したものの二つに大別できる。

まず、森杉⁶⁾は社会経済指標などを説明変数とした土地供給関数によって外生的に土地供給面積を決定している。宮本⁷⁾と林⁸⁾は総土地供給面積に関しては外生的に与え、各主体に対する土地供給面積は、ランダム付け値

理論から最大付け値を付ける確率によって供給している。また、小池⁹⁾は土地が短期的には住宅地と業務地に分割されているものと仮定しているが、それぞれの土地供給面積は同じように外生的に与えている。

これに対して、平谷¹⁰⁾、上田¹¹⁾は土地供給者の保有・賃貸に関する選択行動を、確率論の立場に立脚し、保有と賃貸の効用差によってロジット・モデルで表現しており、この確率によって土地供給者が農地からの転用面積を決定している。しかし、これらのモデルは土地供給者の保有・賃貸に関する選択行動を考慮しているものの、土地供給者が資産の保有形態に関する選択によって自分の効用を最大化する資産選択行動に関しては考慮していない。

また、大橋・青山¹²⁾、大橋・青山・近藤¹³⁾は土地供給者が土地資産と一般財資産からなる自分の資産に対して効用を最大化するような資産選択を行うと考え、土地供給者の資産選択モデルを構築したが、土地需要者の住み替えは考慮していない。高木¹⁴⁾は大橋・青山¹²⁾のモデルを参考に土地供給者の資産選択行動を考えているが、理論的根拠を示していない。

本研究では、以上の検討をふまえて、都市経済学の理論に基づいて、交通施設整備によるアクセシビリティの変化や地域振興策としての企業誘致による雇用の創出がもたらす効果、および産業活動や人口が減少する過程をも分析できるよう、産業の場合には新規設立と倒産、人口の場合には自然増減以外に転入・転出・住み替えを考慮し、都市・地域計画を支援する実用的な土地利用・交通モデルを構築する。

また、土地供給については、大橋・青山¹²⁾、大橋・青山・近藤¹³⁾が構築した土地供給者の資産選択モデルを拡張し、森杉⁶⁾が指摘している住み替え、土地税制なども明確に考慮する土地供給者の資産選択モデルを構築する。そして、このモデルによって複雑かつ不明瞭な土地供給面積の決定プロセスを明示的に表現する。

なお、土地が持つ商品性と移動不可能性から生じる異なる主体間の土地をめぐる競争¹⁵⁾はランダム付け値理論¹⁶⁾ ¹⁷⁾を用いて表現し、最大付け値を付ける確率によって土地を供給するとする。

さらに、構築したモデルの有効性を実際の地域におけ

Keywords：土地利用、都市計画、交通計画評価

*学生員，工修，京都大学大学院工学研究科

(京都市左京区吉田本町, TEL075-753-5759, FAX5759)

**フェロー，工博，京都大学大学院工学研究科

***正会員，工博，京都大学大学院工学研究科

****正会員，工修，京都大学大学院工学研究科

る適用性を通じて検討する。

2. 本モデルの構成

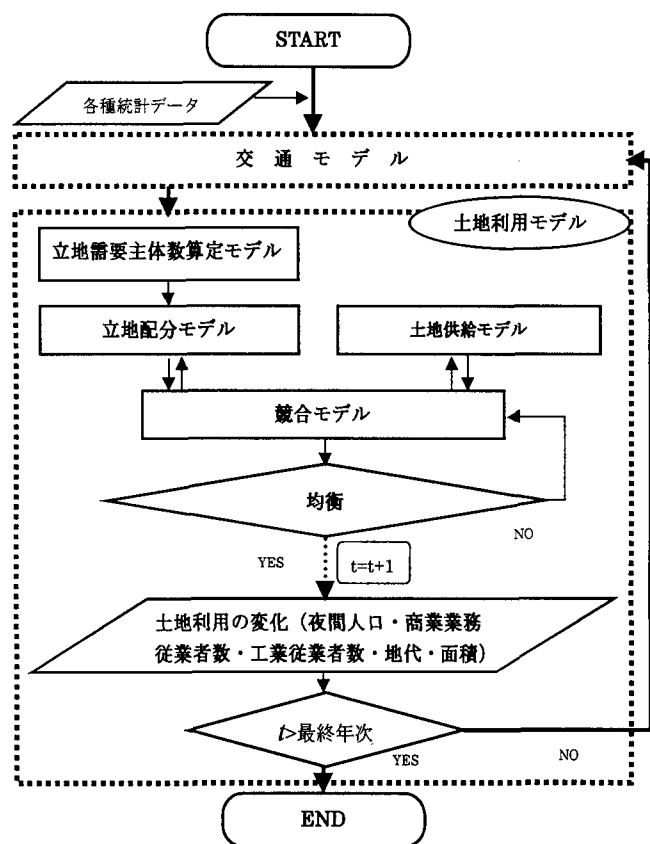


図1 本モデルの構成

本研究で構築するモデルの構成は、図1に示す通りである。交通モデルは一般的な4段階推定法を用いており、所要時間を算出して、土地利用モデルにインプットする。そして、土地利用モデルでは、夜間人口、商業業務従業者数、工業従業者数、地代、各主体の土地占有面積を算出して、交通モデルの発生集中交通量算出モデルにインプットする。そして、同様に次の期の計算を行う。

以下にモデルの仮定を列挙する。

①主体として住宅立地者、工業立地者、商業業務立地者、土地供給者の4つを考える。

②主体の立地動態の分類

既存の土地利用モデルでは、対象地域の全ての主体を立地配分する場合が多い。しかし実際には、 t 期から $t+1$ 期の間に対象地域の全ての主体が、立地地点を変更するわけではない。そこで本研究では、主体を立地動態別に留保層と変動層に分類し、変動層をさらに新規層と移動層に分類し、変動層だけを立地配分対象とする。

③各立地主体の行動を全て最適化行動として捉える。

住宅立地者の行動は効用最大化、工業と商業業務立地者の行動は利潤最大化、土地供給者の行動は資産選択による期待効用最大化と捉え、モデル化する。

④一つのゾーンには一人の大地主が存在し、全ての土地を所有していると仮定する。

3. 土地利用モデル

(1) 立地需要主体数算定モデル

(a)住宅立地主体 ($M=1$)

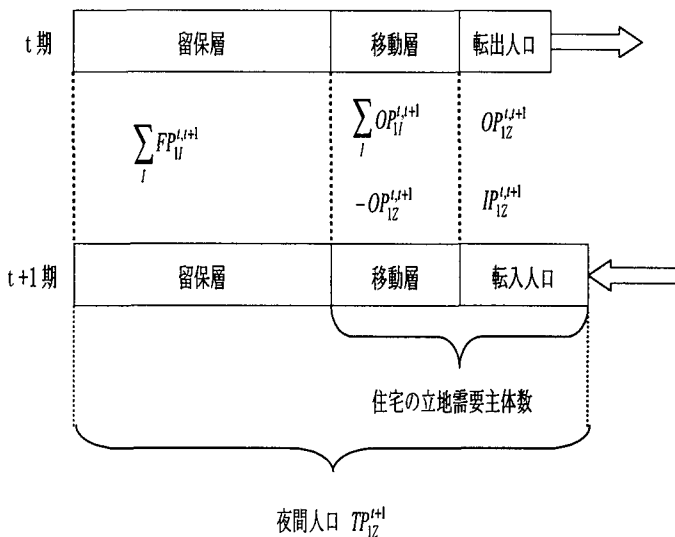


図2 住宅の立地需要主体数

対象地域の夜間人口は、図2に示すように、対象地域内で居住ゾーンを移動する住み替え人口（移動層）や他地域からの転入人口（新規層）により構成される変動層、および留保層から構成される。したがって、立地配分を行う際の住宅立地主体の立地需要主体数を求めるために、対象地域内のゾーン I からの転出入口、対象地域 Z への転入人口、および対象地域 Z から対象地域外への転出人口を求めなければならない。以下に、住宅立地需要主体数の算定式を式(1)～(6)に示す。

$$TP_{M=1,Z}^{t+1} = \left(\sum_I FP_{M=1,I}^{t,t+1} \right) + \left(IP_{M=1,Z}^{t,t+1} \right) + \left(\sum_I OP_{M=1,I}^{t,t+1} - OP_{M=1,Z}^{t,t+1} \right) \quad (1)$$

ただし、

$TP_{M=1,Z}^{t+1}$: 対象地域 Z における夜間人口

$FP_{M=1,I}^{t,t+1}$: ゾーン I における留保人口（留保層）

$$FP_{M=1,I}^{t,t+1} = (1 + \xi_I) \cdot TP_{M=1,I}^t - OP_{M=1,I}^{t,t+1} \quad (2)$$

$$\xi_I = b_0 + b_1 \ln(t) \quad (3)$$

ξ_I : 自然増減率、

t : 年次

b_0, b_1 : パラメータ

$OP_{M=1,I}^{t,t+1}$: ゾーン I からの転出入口
(対象地域 Z 外への転出を含む)

$$OP_{M=1,I}^{t,t+1} = \sum_k \varphi_k H_{I,k}^t \quad (4)$$

$H_{I,k}^t$: t 期におけるゾーン I の k 番目の説明変数
 φ_k : パラメータ

$IP_{M=1,Z}^{t,t+1}$: 対象地域 Z への転入人口 (新規層)

$$IP_{M=1,Z}^{t,t+1} = \rho_{in} TP_{M=1,Z}^t \quad (5)$$

ρ_{in} : 対象地域 Z への転入率

$OP_{M=1,Z}^{t,t+1}$: 対象地域 Z から外部への転出口

$$OP_{M=1,Z}^{t,t+1} = \rho_{out} TP_{M=1,Z}^t \quad (6)$$

ρ_{out} : 対象地域 Z 外部への転出率

$\sum_I OP_{M=1,I}^{t,t+1} - OP_{M=1,Z}^{t,t+1}$: 住み替え人口

(b)工業および商業業務立地主体 ($M = 2, 3$)

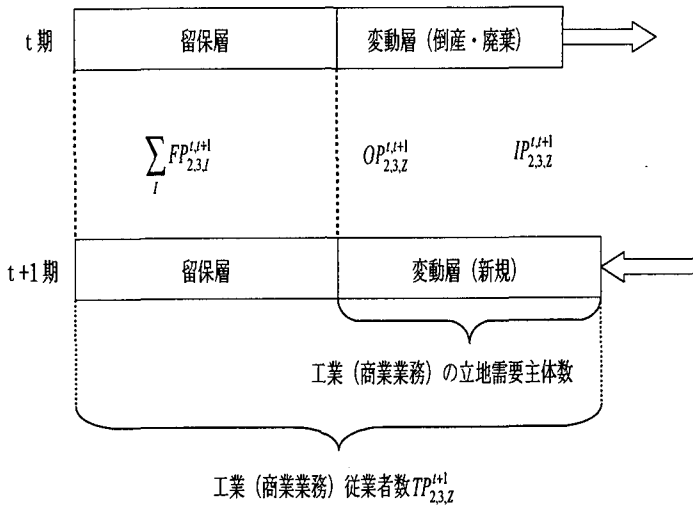


図3 工業および商業業務の立地需要主体数

対象地域の工業および商業業務立地主体は、図3に示すように、新規に立地する新規層や留保層から構成される。データの収集可能性を考慮して、工業および商業業務立地主体の場合には移動層を考えず、地域内で移動した場合、移動元のゾーンでは倒産・廃棄として扱い、移動先のゾーンでは新規設立として扱うこととする。

このモデルでは、ローリー型経済基礎メカニズム¹⁸⁾の考え方に基いて、対象地域 Z における従業者数と夜間人口の関係を人口・雇用比率 $o_{M=2,3}$ として把握し、変動従業者数を求める。

$$TP_{M=2,3,Z}^{t+1} = \left(\sum_I FP_{M=2,3,I}^{t,t+1} \right) + (IP_{M=2,3,Z}^{t,t+1}) \quad (7)$$

ただし、

$TP_{M=2,3,Z}^{t+1}$: 対象地域 Z の従業者数

$FP_{M=2,3,I}^{t,t+1}$: ゾーン I の留保従業者数 (留保層)

$$FP_{M=2,3,I}^{t,t+1} = \phi_{M=2,3,I} \cdot TP_{M=2,3,I}^t \quad (8)$$

$\phi_{M=2,3,I}$: ゾーン I における主体 M の存続率

$IP_{M=2,3,Z}^{t,t+1}$: 対象地域 Z の新規従業者数 (新規層)

$$IP_{M=2,3,Z}^{t,t+1} = o_{M=2,3} \cdot TP_{M=1,Z}^{t+1} - \sum_I FP_{M=2,3,I}^{t,t+1} \quad (9)$$

$o_{M=2,3}$: 対象地域 Z における主体 M の従業者比率

(2) 立地配分モデル

(a)住宅立地主体

立地主体 M の個々の立地者 m が、ある個々の土地区画 i に立地することにより得る効用を U_{mi} として、式(10)の効用関数を仮定する。そして、一般財の価格を1とし、所得制約 y_m のもとに効用最大化を図り、定数項を省略すると式(12)の間接効用関数 V_{mi} が導かれる。

$$U_{mi} = \sum_k \alpha_{mk} \ln x_{mik} + \sum_k \beta_{mk} \ln g_{mik} + \gamma_m \ln q_{mi} + \delta_m \ln z + \varepsilon_{mi} \quad (10)$$

$$s. t. \quad y_m = r_{mi} \cdot q_{mi} + z \quad (11)$$

$$V_{mi} = \sum_k \alpha_{mk} X_{mik} + \sum_k \beta_{mk} G_{mik} - \gamma_m R_{mi} + (\gamma_m + \delta_m) Y_m + \varepsilon_{mi} \quad (12)$$

ただし、

q_{mi} : 一人当たりの土地占有面積

z : 一般財

$X_{mik} = \ln x_{mik}$: 立地条件

$G_{mik} = \ln g_{mik}$: 交通条件

$Y_m = \ln y_m$: 所得

$R_{mi} = \ln r_{mi}$: 地代

$\alpha_{mk}, \beta_{mk}, \gamma_m, \delta_m$: パラメータ

立地者 m と土地区画 i をそれぞれ集計し、住宅立地主体 M が選択する土地区画を、ゾーン I ごとにグルーピングして一つの土地区画と考えると、ゾーン内の平均効用

V_{MI} を $\frac{1}{\mu_1} \ln N_{MI}$ で修正する式(13)が得られる^{19) 20)}。

$$U_{MI} = V_{MI} + \frac{1}{\mu_1} \ln N_{MI} + \varepsilon_{MI} \quad (13)$$

ただし、

$$V_{MI} = \sum_k \alpha_{Mk} X_{MIk} + \sum_k \beta_{Mk} G_{MIk} - \gamma_M R_{MI} + (\gamma_M + \delta_M) Y_M$$

$$N_{MI} = \frac{L_{I,t+1}}{q_{MI}}$$

$L_{I,t+1}$: ゾーン I の土地利用可能面積

q_{MI} : 土地占有単位面積

式(13)の確率項 ε_{MI} に IIDG(Independently and Identically Gumbel Distribution)を仮定するとロジットモデルとなり、立地主体 M がゾーン I を選択する確率 $\tilde{\Theta}_{MI}$ は次式のように表せる。

$$\tilde{\Theta}_{MI} = \frac{N_{MI}^{\mu_1} \exp(\mu_2 V_{MI})}{\sum_{I \in Z} N_{MI}^{\mu_1} \exp(\mu_2 V_{MI})} \quad (14)$$

ただし、 μ_1, μ_2 : ばらつきの大きさを表すパラメータ

(b)工業および商業業務立地主体

工業および商業業務立地者の利潤 π_{mi} と生産関数 $\tilde{Q}_{mi}$ を式(15)、(16)のように仮定する。そして、生産関数 $\tilde{Q}_{mi}$ のもとに利潤最大化を図り、定数項を省略すると式(17)の利潤関数 Π_{mi} が導かれる。

$$\pi_{mi} = \tilde{Q}_{mi} - r_{mi} \ell_{mi} - w_{mi} \kappa_{mi} \longrightarrow \text{MAX} \quad (15)$$

$$s. t. \quad \tilde{Q}_{mi} = a_{m0} (\ell_{mi})^{a_{m1}} (\kappa_{mi})^{a_{m2}} (PACS_{mi})^{a_{m3}} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{mi} &= \ln \pi_{mi} \\ &= \zeta_{m1} \ln r_{mi} + \zeta_{m2} \ln w_{mi} + \zeta_{m3} \ln PACS_{mi} \end{aligned} \quad (17)$$

ただし、

π_{mi} : 立地者 m の利潤

$\tilde{Q}_{mi}$: 立地者 m の生産量

ℓ_{mi} : 土地投入量

κ_{mi} : 労働投入量

r_{mi} : 地代

w_{mi} : 賃金

$PACS_{mi}$: 市場規模と交通条件を表す指標

$a_{m0}, a_{m1}, a_{m2}, a_{m3}, \zeta_{m1}, \zeta_{m2}, \zeta_{m3}$: パラメータ

ここで、住宅立地者と同じように、立地者 m と土地区画 i をそれぞれ集計し、立地主体 M とゾーン I として考え、確率項 ε_{MI} にIIDGを仮定すると次式が得られる。

$$\tilde{\Theta}_{MI} = \frac{N_{MI}^{\mu_{M1}} \exp(\mu_{M2} \Pi_{MI})}{\sum_{I \in Z} N_{MI}^{\mu_{M1}} \exp(\mu_{M2} \Pi_{MI})} \quad (18)$$

ただし、

$$PACS_{M=2,I} = \sum_J \frac{TP_{M=2,J} + TP_{M=3,J}}{C_{IJ}^{\sigma_3}} \quad (\text{工業}) \quad (19)$$

$$PACS_{M=3,I} = TP_{M=1,I}^{a_4} \cdot TP_{M=2,I}^{a_5} \cdot C_{IJ}^{a_6} \quad (\text{商業業務}) \quad (20)$$

$TP_{M=1}$: 夜間人口

$TP_{M=2}$: 工業従業者数

$TP_{M=3}$: 商業業務従業者数

I, J : ゾーン

a_4, a_5, a_6 : パラメータ

ここで、 σ_3 は後述する交通モデルにおける重力モデルのパラメータを用い、 C_{IJ} は工業の場合には自動車所要時間、商業業務の場合には機関分担率を用いて公共交通

も考慮した所要時間である。

(c)土地占有単位面積

住宅、商業業務、工業立地者一人当たりの土地占有単位面積 q_{MI} を式(21)のように示すことによって、高地価地域における高層利用などを内生化する。そして、土地占有単位面積 q_{MI} によって、ゾーン I における土地需要面積は式(22)のように表現できる。

$$q_{MI,t} = \partial_{M1} \cdot r_{MI} + \partial_{M2} \cdot q_{MI,t-1} + \partial_{M3} \quad (21)$$

$$D_I = \sum_M A_{MI} \cdot q_{MI} \quad (22)$$

ただし、

D_I : ゾーン I における土地需要面積

A_{MI} : ゾーン I における立地主体 M の立地需要主体数

r_{MI} : 地代

$\partial_{M1}, \partial_{M2}, \partial_{M3}$: パラメータ

(3) 土地供給モデル

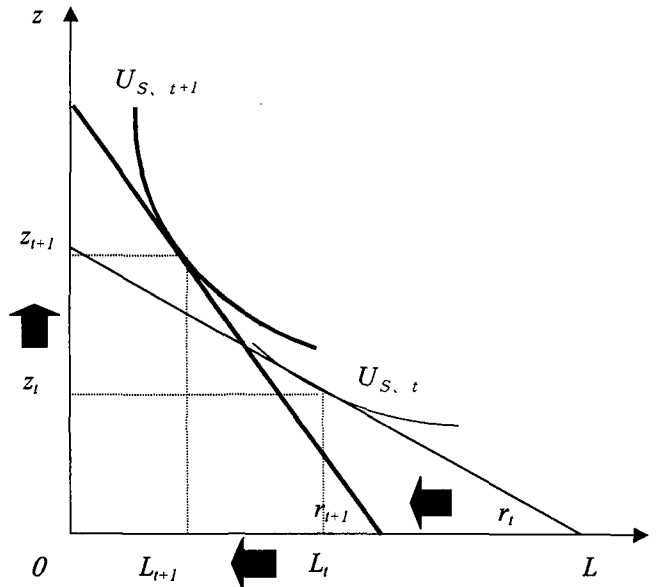


図4 土地供給者の行動

土地供給者は、図4に示すように、 t 期の地代 r_t が、 $t+1$ 期 r_{t+1} に増加すると、自分の土地利用面積を L_t から L_{t+1} まで減らし、地代収入、すなわち、一般財を z_t から z_{t+1} まで増やすことにより、土地と一般財から得られる自らの効用水準 $U_{S,t+1}$ を最大にするように土地を供給すると仮定する。

$$U_{S,t+1} = \tilde{a} \ln(L_{I,t+1}) + \tilde{b} \ln(z_{I,t+1}) \longrightarrow \text{MAX} \quad (23)$$

ただし、 $\tilde{a} + \tilde{b} = 1$

s. t.

<支出>

$$y = L_{I,t+1} \cdot r_{I,t+1} + z_{I,t+1} \quad (24)$$

<収入>

$$y = L_{I,t+1} \cdot r_{I,t+1} \cdot \omega_1 + (L_{I,t} - L_{I,t+1}) \cdot r_{I,t+1} + L_{I,t+1}^{FLX} \cdot r_{I,t+1} - (L_{I,t} + L_{I,t+1}^{FLX}) \cdot P_{I,t+1} \cdot \tau_p - (L_{I,t} - L_{I,t+1} + L_{I,t+1}^{FLX}) \cdot r_{I,t+1} \cdot \tau_Y + z_{I,t} \cdot \omega_2 \quad (25)$$

<予算制約式>

$$z_{I,t+1} = (L_{I,t} - 2L_{I,t+1} + L_{I,t+1} \cdot \omega_1) \cdot r_{I,t+1} + L_{I,t+1}^{FLX} \cdot r_{I,t+1} - (L_{I,t} + L_{I,t+1}^{FLX}) \cdot P_{I,t+1} \cdot \tau_p - (L_{I,t} - L_{I,t+1} + L_{I,t+1}^{FLX}) \cdot r_{I,t+1} \cdot \tau_Y + z_{I,t} \cdot \omega_2 \quad (26)$$

ただし、

$L_{I,t}$: t 期における供給可能面積
(t 期における土地供給者自身の土地利用面積)
 $L_{I,t+1}^{FLX}$: $t+1$ 期における留保層に対する供給面積
 $r_{I,t}$: t 期におけるゾーン I の地代
 $r_{I,t+1}$: $t+1$ 期におけるゾーン I の地代
 $P_{I,t+1}$: $t+1$ 期におけるゾーン I の地価
 $z_{I,t+1}$: $t+1$ 期におけるゾーン I の一般財
 y : 所得、 τ_p : 固定資産税率、 τ_Y : 所得税率
 $\tilde{a}, \tilde{b}$: パラメータ
 ω_1, ω_2 : 地代収入以外の収益を表す係数

土地供給者は、式(24)に示すように、土地を供給せず土地供給者自身が使用するときにも、地代(帰属地代)を支払うこととする。ただし、一般財の価格は1とする。また、式(25)のように、 $t+1$ 期の土地供給者の収入は土地供給者自身の土地利用による収益、地代収入、税金、 t 期からの一般財からなるとすると、式(24)、(25)によって式(26)の予算制約式が得られる。

そして、 $L_{I,t+1}$ 、 $z_{I,t+1}$ をコントロールして、効用 $U_{S,t+1}$ を最大化し、不確実性を表す誤差項 λ_4 を追加すると式(27)の土地供給量 S_I が得られる。

$$S_I = L_{I,t} - L_{I,t+1} = L_{I,t} \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \frac{L_{I,t+1}^{FLX}}{L_{I,t}} - \lambda_3 \frac{r_{I,t}}{r_{I,t+1}} \right\} + \lambda_4 \quad (27)$$

ただし、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$: パラメータ

(4) 競争モデル

異なる主体間の土地をめぐる競争は付け値概念を用いて表現する。

立地主体は、立地配分モデルでゾーンを選択した後、土地供給モデルからの土地供給面積に対して付け値競争

を行う。そして、土地供給者は式(29)で示すように、最大付け値をつける確率によって土地を供給する。また、付け値地代は(5)節での立地均衡によって市場地代に顕在化され²¹⁾、次の期の立地配分モデルでの情報として用いられる。

各立地者の地代を、それぞれ所得 y_m と効用水準 U_{mi} 、利潤 π_{mi} と生産関数 $\tilde{Q}_{mi}$ のもとで最大化し、立地配分モデルと同じように展開するとゾーン I において立地主体 M が最大付け値をつける確率 Θ_{IM} を求めることができる^{7) 17)}。

$$\Theta_{IM} = \frac{\exp\left(\omega_2 \ln B_{MI} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln A_{MI}\right)}{\sum_M \exp\left(\omega_2 \ln B_{MI} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln A_{MI}\right)} \quad (28)$$

$$F_{MI} = S_I \cdot \Theta_{IM} \quad (29)$$

ただし、

B_{MI} : 立地主体 M の付け値地代
 F_{MI} : ゾーン I での立地主体 M への供給面積

また、そのときの満足度関数 $\Lambda(W_{MI})$ ²²⁾ は、以下のログサム関数として表現できる。

$$\Lambda(W_{MI}) = \frac{1}{\omega_2} \ln \sum_M \exp \omega_2 \left(\ln B_{MI} + \frac{1}{\omega_1} \ln A_{MI} \right) \quad (30)$$

$$\text{ただし、} W_{MI} = \ln B_{MI} + \frac{1}{\omega_1} \ln A_{MI} \quad (31)$$

そして、満足度関数 $\Lambda(W_{MI})$ は共役性理論²²⁾ から式(32)のように表記でき、式(28)～(32)より式(33)を得ることができる。

$$\Lambda(W_{MI}) = \sum_M W_{MI} \Theta_{IM} - \frac{1}{\omega_2} \sum_M \Theta_{IM} \ln \Theta_{IM} \quad (32)$$

$$\ln B_{MI} = \sum_M \Theta_{IM} \ln B_{MI} + \chi_{M1} \ln \left(\frac{F_{MI}}{S_I} \right) + \chi_{M2} \quad (33)$$

ただし、 χ_{M1}, χ_{M2} : パラメータ

ここで、 $\sum_M \Theta_{IM} \ln B_{MI}$ は経済学的意味がないため、

平均付け値地代 $\bar{B}_I$ との間に式(34)に示すような関係を仮定した。この関係について、地代では実証するためのデータが十分ではないが、地価を用いた場合、表1に示すような結果を得ることができる。

$$\sum_M \Theta_{IM} \ln B_{MI} = \eta_1 \ln \bar{B}_I + \eta_2 \quad (34)$$

ただし、 η_1, η_2 : パラメータ

表 1 [式(34)]

説明変数	係数	t 値
平均地価(円/㎡)	1.1418	20.756
定数項	-2.1823	-3.368
決定係数(補正 R ²)	0.828	

そこで、式(33)、式(34)から平均付け値地代 $\bar{B}_I$ と立地主体 M の付け値地代 B_{MI} の関係を表す式(35)を得ることができる。

$$B_{MI} = \psi_{M1}(\bar{B}_I)^{\psi_{M2}} \left(\frac{F_{MI}}{S_I} \right)^{\psi_{M3}} \quad (35)$$

ただし、 $\bar{B}_I$: 平均付け値地代

$\psi_{M1}, \psi_{M2}, \psi_{M3}$: パラメータ

(5) 均衡条件

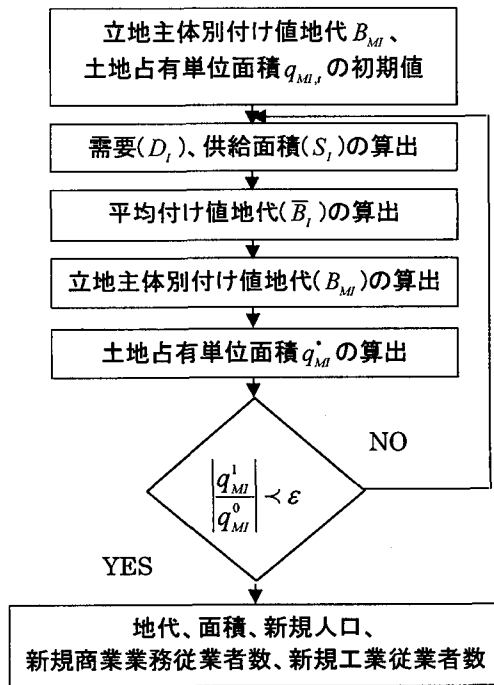


図 5 均衡解の算出方法

本モデルでは、既存の研究⁹⁾と同様に、ゾーン毎にそれぞれ独立した市場があると想定する。

土地市場均衡条件は以下になる。

$$D_I - S_I = 0 \quad (\text{for all } I) \quad (36)$$

そして、均衡解の算出方法は図 5 に示すように、(35)、(36)式から得られる解を用いて、式(21)から得られる土地占有単位面積が収束するまで繰り返し計算する。

4. 交通モデル

本研究における交通モデルは、実用面から一般的な 4 段階推定法を用いる。

発生集中交通量は式(37)に示すように、土地利用モデルから算出される人口指標(夜間人口、工業従業者数、商業業務従業者数)を説明変数として原単位法によって求める。分布交通量と分担交通量については式(38)および式(39)に示す通りである。また、配分交通量は、分割配分法を用いた最短経路探索を行うことにより求める。

$$\begin{aligned} \tilde{O}_I &= \sum_k \sum_M v_{Mk} TP_{MI} \\ \tilde{D}_I &= \sum_k \sum_M g_{Mk} TP_{MI} \end{aligned} \quad (37)$$

ただし、

$\tilde{O}_I, \tilde{D}_I$: ゾーン I における発生、集中交通量

TP_{MI} : ゾーン I における立地主体 M の人口指標

v_{Mk}, g_{Mk} : 立地主体 M における目的 k の原単位

$$\tilde{V}_{IJ} = \sigma_1 (\tilde{O}_I \tilde{D}_J)^{\sigma_2} C_{IJ}^{-\sigma_3} \quad (38)$$

ただし、

$\tilde{O}_I, \tilde{D}_J$: ゾーン I, J における発生、集中交通量

$\tilde{V}_{IJ}$: ゾーン I, J 間における全交通量

C_{IJ} : 所要時間

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: パラメータ

$$\tilde{V}_{IJ}^{car} = \tilde{V}_{IJ} \frac{\exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{car})}{\exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{car}) + \exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{tran} + h_2)} \quad (39)$$

ただし、

$\tilde{V}_{IJ}^{car}$: ゾーン I, J 間における自動車交通量

C_{IJ}^{car} : 自動車の所要時間

C_{IJ}^{tran} : 公共交通機関の所要時間

h_1, h_2 : パラメータ

5. パラメータの推定

各モデルのパラメータを 1980～1995 年の兵庫県のデータを用いて推定した。その結果の一部を表 2～10 に示す。ただし、式(27)については、兵庫県を都市部(市区)と地方部(町)に分類して推定した。また、式(8)のゾーン I における立地主体 M の存続率 $\phi_{M=2,3,I}$ は、事業所統計調査から得られるデータから 5 年単位に換算して求め、表 9 の発生集中交通量の原単位は京阪神パーソントリップ調査と近畿圏の人口指標から求めた。

なお、パラメータ推定の際に、地代の代わりに地価を用いた場合、実際の地価には将来に対する予測や投機的な要因などが含まれているため、バイアスが生じる可能性がある。しかし、地代データの使用には、地価データに比べてサンプル数が少なく、信頼性が欠けているため、地代の代理変数として地価を用いることとした。

表 2 転出入口 [式(4)]

説明変数	係数	t 値
夜間人口	0.347	28.895
平均地価 (円/㎡)	0.043	7.896
工業従業者数 (人)	-0.876	-9.075
決定係数 (補正 R ²)	0.953	

表 3 立地配分モデル(住宅立地者)[式(14)]

説明変数	係数	t 値
ln(立地可能区画の数)	0.0811	1.446
ln(住居地地価 (円/㎡))	-0.0092	-0.158
ln(新規従業者への ACS)	0.0846	1.917
ln(工業従業者数 (人))	-0.0580	-1.411
ln(転出入口 (人))	0.9763	15.763
決定係数 (補正 R ²)	0.9621	

表 4 立地配分モデル(商業業務立地者)[式(18)]

説明変数	係数	t 値
ln(立地可能区画の数)	-0.0448	-0.547
ln(商業業務地地価 (円/㎡))	-0.0306	-0.264
ln(賃金 (百万円/人))	-0.2635	-0.676
ln(夜間人口 (人))	0.2514	1.489
ln(商業業務従業者数 (人))	0.7974	4.285
ln(中央区まで所要時間 (分))	-0.3397	-2.822
決定係数 (補正 R ²)	0.8971	

表 5 立地配分モデル(工業立地者)[式(18)]

説明変数	係数	t 値
ln(立地可能区画の数)	0.3667	2.155
ln(工業地地価 (円/㎡))	-0.1160	-0.599
ln(賃金 (百万円/人))	-0.2220	-0.209
ln(工業・商業業務 ACS)	0.9935	6.224
決定係数 (補正 R ²)	0.6912	

表 6 土地占有単位面積 [式(21)]

説明変数	住宅地	商業業務地	工業地
地価 (千円/㎡)	-0.0056 (-2.355)	-0.0054 (-2.020)	-0.0665 (-4.063)
t-1 期の 単位面積 (㎡)	1.0086 (48.842)	0.7996 (35.192)	1.0606 (34.852)
切片	5.1510 (2.698)	40.4544 (7.170)	8.5808 (2.013)
決定係数 (補正 R ²)	0.928	0.837	0.9010

()内は t 値

表 7 土地供給モデル [式(27)]

説明変数	都市部	地方部
供給可能面積 (㎡)	0.079(4.21)	0.007(1.70)
留保層に関する項	0.192(5.83)	0.280(14.1)
地価に関する項	0.121(4.01)	0.013(2.38)
誤差項	907,198(3.03)	96,643(2.60)
決定係数 (補正 R ²)	0.860	0.803

()内は t 値

表 8 競合モデル [式(35)]

説明変数	住宅地	商業業務地	工業地
平均地価 (円/㎡)	1.0209 (41.853)	1.1122 (45.377)	0.9946 (21.165)
面積に関する項	0.2474 (2.573)	-0.0888 (-1.353)	-0.0393 (-0.817)
定数項	1.0652 (0.209)	0.6168 (1.863)	0.6474 (0.764)
決定係数 (補正 R ²)	0.9547	0.9650	0.9049

()内は t 値

表 9 発生集中交通量の原単位 [式(37)]

	交通目的	対象人口	原単位 (都市部)	原単位 (地方部)
発生	通勤	夜間人口	0.3446	0.3612
	登校	夜間人口	0.2125	0.2115
	自由	夜間人口	0.5170	0.5390
	業務	工業、商業業務	0.5801	0.6608
	帰宅	工業、商業業務	2.1189	2.0088
集中	通勤	工業、商業業務	0.6906	0.7323
	登校	夜間人口	0.2077	0.2107
	自由	商業業務	1.6169	1.4491
	業務	商業業務	0.7533	0.8654
	帰宅	夜間人口	0.9511	0.9923

表 10 重力モデル [式(38)]

説明変数	係数	t 値
定数項	12.578	60.900
交通量に関する項	0.248	35.077
所要時間に関する項	2.743	80.520
決定係数 (補正 R ²)	0.739	

6. モデルによる現況再現性の検証

1985年のデータをインプットとして、構築した土地利用・交通モデルを用いて1990年の地価、面積、立地人口、立地商業業務従業者数、立地工業従業者数を推計した。推計値と実測値を比較した結果を表11に示す。

表 11 に示すように、良好な現況再現性を有することが明らかとなった。

さらに、予測地価の適合性を詳細に検討するために、S 6 0 年の実際平均地価と H 2 年のモデルによる予測平均地価との比較を図 6 に、H 2 年の実際平均地価と予測平均地価の差を実際平均地価で除したものを図 7 に示す。

表 11 モデルの現況再現結果

比較指標		相関係数
人口	夜間人口	0.9978
	商業業務従業者数	0.9951
	工業従業者数	0.9918
地価	平均地価	0.9111
	住居地地価	0.9578
	商業地地価	0.7773
	工業地地価	0.9352
面積	宅地面積	0.9977
	住居地面積	0.9966
	商業業務地面積	0.9846
	工業地面積	0.9871

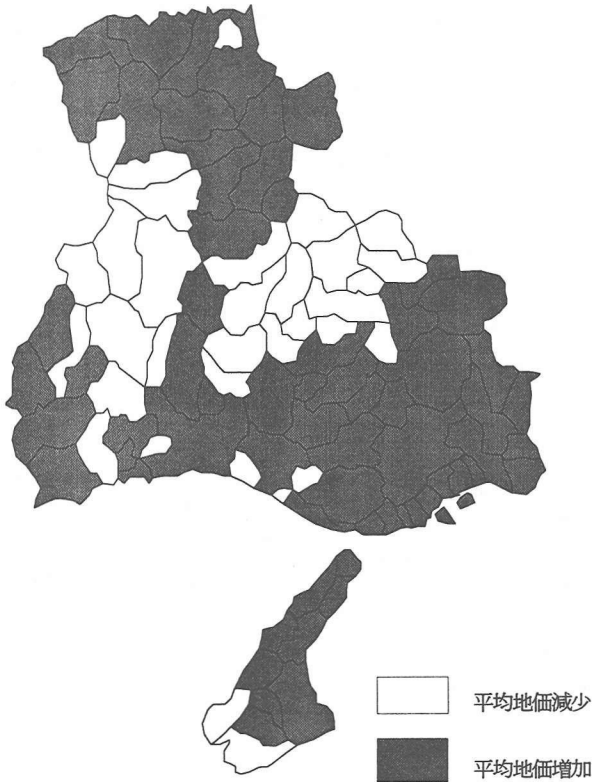


図 6 S60年の実際平均地価と H2年の予測平均地価との比較



図 7 H2年の実際平均地価と H2年の予測平均地価との比較

図 6 に示すように、本モデルにおいて、平均地価が上昇すると予測されたのは 6 6 市区町、下落すると予測されたのは 3 3 市区町であった。実際にこの期間に平均地価が上昇したのは 9 3 市区町であったことから、本モデルによる H 2 年における平均地価の予測結果は、過小評価の傾向にあると言える。

また、図 7 に示すように、一部の市区町では、実際平均地価と予測平均地価の差が大きくなっている。例えば、長田区、中央区、伊丹市においては、H 2 年の実際平均地価と予測平均地価との差を実際平均地価で除した値は、0. 5 以上となっており、本モデルにおいて正確な予測を行うことができなかったが、これらの市区では S 6 0 年から H 2 年の間に実際平均地価が、それぞれ、3. 5、4. 2、3. 5 倍と、大きく上昇しており、5 章で述べたように本モデルが土地投機などを捨象したものであるのに対して、実際の地価データには投機的な要因なども含まれていることが、実際平均地価と予測平均地価が乖離した大きな要因であると考えられる。これらの市区町以外にも、対象とした兵庫県においては、S 6 0 年から H 2 年の間に、実際平均地価は、都市部で 2. 6 倍、地方部で 1. 4 倍と大きく上昇しており、このことが、本モデルによる H 2 年における平均地価の予測結果が過小

評価の傾向にあることの要因となっていると考えられる。

上記以外に実際平均地価と予測平均地価が乖離した要因としては、土地は個別性が強く異質性のある特性を持っているため^{2,3)}、同じ取引量でも各市区町ごとに地価に差が生じるが、本モデルにおいて用いた変数、即ち、土地供給モデルでの供給可能面積、留保層に対する供給面積、前期の平均地価のみでは、土地価格の決定における各ゾーンの異質性を十分表現することができなかった点が挙げられる。これらの点は今後の課題と言える。

しかしながら、表 11 および図 7 に示すように、本モデルによる予測結果は概ね良好であり、予測地価と実際地価は非常に高い相関を示しており、本モデルは十分な現況再現性を有していると言える。

7. 終わりに

本研究では産業活動や人口の変動を考慮して、都市・地域計画を支援するための実用的な土地利用・交通モデルを構築し、実証分析により、モデルの適用性を検証した。

本研究における成果は以下に示す通りである。

- ・立地主体を立地動態別に留保層と変動層に分類することによって、交通施設整備による産業活動や人口の移動を考慮することができた。
- ・産業活動や人口の変動を考慮することによって、地域の衰退および各活動量が減少する過程をも表現することが可能となった。
- ・活動主体として土地供給者を明示的に考慮し、土地供給者行動をモデル化した。

謝辞：本研究を進めるに当たって、京都大学の文世一助教授の貴重なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。

[参考文献]

- 1) 近藤光男・青山吉隆・高田礼栄：地方圏内における人口の社会移動分析，土木計画学研究・講演集，No. 17, pp. 115-118, 1995.
- 2) 森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦：住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル，土木学会論文集，No. 425, pp. 117-125, 1991.
- 3) 上田孝行：交通改善による生活機会の増大が人口移動に及ぼす影響のモデル分析，土木計画学研究・論文集，No. 9, pp. 237-244, 1991.
- 4) 芝原靖典：公共事業にかかわる土地問題の社会システム論的研究，京都大学学位論文，1991.
- 5) 青山吉隆：土地利用モデルの歴史と概念，土木学会論文集，No. 347, pp. 19-28, 1984.
- 6) 森杉壽芳・大野栄治・松浦郁雄：地価を内生化した住宅立地モデル，地域学研究 第 18 卷，1987.
- 7) 宮本和明：ランダム効用および付け値分析に基づく土地利用モデルの札幌都市圏における適用，土木計画学研究・講演集，No. 12, pp. 675-680, 1989.
- 8) 林良嗣・土井健司・奥田隆明：外部経済効果を考慮した都市交通改善がもたらす開発利益の帰着分析モデル，土木学会論文集，第 407 号/ IV-11, pp. 67-76, 1989.
- 9) 小池淳司・上田孝行・小森俊文：ミクロ行動理論に基づく交通-立地モデルの開発，土木計画学研究・論文集，No. 14, pp. 259-267, 1997.
- 10) 平谷浩三・中村英夫・上田孝行・堤盛人：土地と建物の多市場同時均衡に基づく土地利用交通モデル，土木計画学研究・講演集，No. 16(1), pp. 545-552, 1993.
- 11) 上田孝行・中村英夫・赤土大介・Hasib M. AHSAN：交通・立地分析モデルによる鉄道新線整備の影響分析，土木計画学研究・講演集，No. 17, pp. 131-134, 1995.
- 12) 大橋健一・青山吉隆：土地政策からみた地域の開発効果の計量化に関する研究，土木計画学研究・講演集，No. 11, pp. 391-397, 1988.
- 13) 大橋健一・青山吉隆・近藤光男：土地需給を考慮した市街化過程のマクロモデルの時系列データへの適用，土木計画学研究・論文集，No. 12, pp. 215-222, 1995.
- 14) 高木朗義・森杉壽芳・上田孝行・西川幸雄・佐藤尚：立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 13, pp. 339-348, 1996.
- 15) M. Fujita: Urban economic theory, Cambridge University Press, 1989.
- 16) B. Ellickson: An Alternative Test of the Hedonic Theory of Housing Markets, J. Urban Econ. 9, 56-79 (1981)
- 17) S. R. Lerman, C. R. Kern: Hedonic Theory, Bid Rents, and Willingness-to-Pay: Some Extensions of Ellickson's Results, J. Urban Econ. 13, 358-363 (1983)
- 18) Foot, D., 青山吉隆・戸田常一・阿部宏史・近藤光男訳：都市モデル—手法と応用，丸善株式会社，1984.
- 19) Ang, A. H-S. and Tang, W. H., 伊藤學・亀田弘行・黒田勝彦・藤野陽三訳：土木・建築のための確率・統計の応用，丸善株式会社，1988.
- 20) Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman: Discrete Choice Analysis, MIT Press, 1985.
- 21) 柏谷増男・小倉幹弘：住宅立地つけ値関数の推定，土木計画学研究・論文集，No. 4, pp. 117-124, 1986.
- 22) 宮城俊彦・小川俊幸：共役性理論を基礎とした交通配分モデルについて，土木計画学研究・講演集，No. 7, pp. 301-308, 1985.
- 23) 中村良平・田渕隆俊：都市と地域の経済学，有斐閣，1996.

立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築

尹 鍾進・青山吉隆・中川 大・松中亮治

産業活動や人口の変動によって、人口減少、都市的魅力の低下や混雑など多様な都市問題が発生する。そこで、都市・地域計画を支援するためのモデルは産業活動や人口の移動を考慮する必要がある。本研究では、都市経済学の理論に基づいて、産業活動や人口の変動を考慮し、交通施設整備によるアクセシビリティの変化や企業誘致による雇用の創出がもたらす効果および産業活動や人口が減少する過程をも分析できる実用的な土地利用・交通モデルを構築する。そして、構築したモデルの有効性を実際の都市圏における適用性を通じて検討する。

A Practical Land Use-Transport Interaction Modeling Considering the Change of Location

By Jong Jin YOON, Yoshitaka AOYAMA, Dai NAKAGAWA, and Ryoji MATSUNAKA

The urban problems such as depopulation, weakening of attractiveness in a city, and congestion occur by the change of population and industrial activities. Therefore, a model to support urban and regional planning must consider the movement of population and industrial activities. In this study, we develop a practical land-transport interaction model considering the change of population and industrial activities based on the urban economic theory. Then, we examine the validity of this model by applying it to an actual area.
