

供給と競合を考慮した土地利用—交通モデルの構築

A Land-Use Transport Interaction Modeling Considering Supply of Land and Competition

尹 鍾進* ・ 松中亮治** ・ 青山吉隆***

Jong Jin YOON, Ryoji MATSUNAKA, Yoshitaka AOYAMA

1. はじめに

交通施設整備などの交通政策の実施による諸影響の多くは土地利用を介して顕在化し、土地利用の変化により、新たな誘発交通が発生することが考えられる。従って、都市計画や交通政策の立案と実施の際には、各種都市活動の立地メカニズムを分析し、各政策が土地利用に与えるインパクトをできる限り正確に予測する必要がある。このような目的から土地利用—交通モデルは、1960年代から数多く開発されてきた。しかし、従来の土地利用—交通モデルでは、活動主体としての土地供給者の行動を精緻にモデル化した例は少ない。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¹⁾の中で価格競争による立地競合も十分表現できているとは言えない。そこで、本研究では土地供給と立地競合を考慮した上で、実用的かつ、より正確な土地利用—交通モデルを構築する。

2. 本モデルの構成と特徴

本研究で構築するモデルの構成を図1に示すとともに以下にモデルの特徴を列挙する。

- 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活動主体としての土地供給者を明示的に考慮し、土地供給行動をモデル化する。
- ③立地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、 $t \rightarrow t+1$ 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、モデル

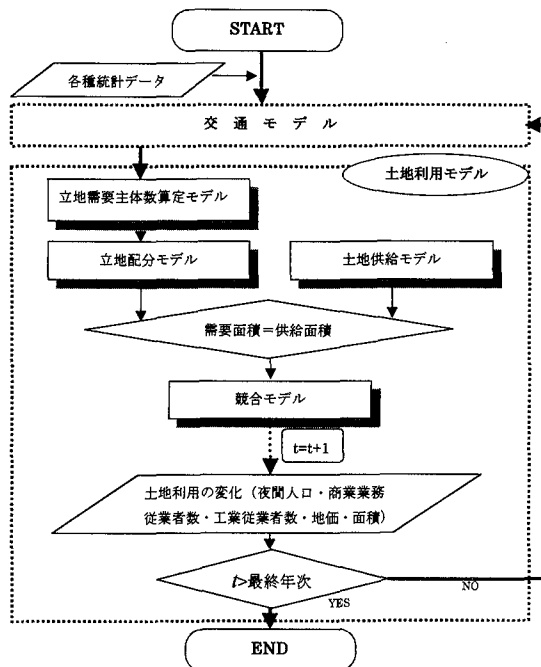


図1 本モデルの構成

の説明力と予測力を向上させるために、立地主体を立地動態別に留保層と変動層に分類し、新しく立地する変動層だけを立地配分する。

④各主体の行動を全て最適化行動として捉える。住宅立地者は効用最大化、工業と商業業務立地者は利潤最大化するように行動すると仮定しモデル化する。そして、土地供給者は土地から得られる長期的な利潤を最大化するよう行動すると考えられるが、先祖代々の土地を保有することの特性や、農地を取り巻く環境の不確実性等により、利潤最大化から供給者の行動をモデル化することは困難であり、現実性にも欠ける²⁾。そこで、供給者は効用を最大化するように土地を供給すると仮定する。

⑤ワルラス的均衡の仮定に基づき、各市場において取引される取引量によって土地の価格を決定する。

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, TEL075-753-5137, FAX5759)

**正会員, 工修, 京都大学大学院工学研究科

***フェロー, 工博, 京都大学大学院工学研究科

3. 土地利用モデル

(1) 立地需要主体数算定モデル

立地需要主体数の算出方法の概念を図2及び図3に示す。

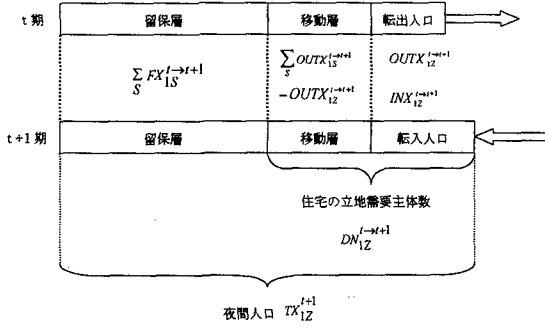


図2 住宅 ($I=1$) の立地需要主体数

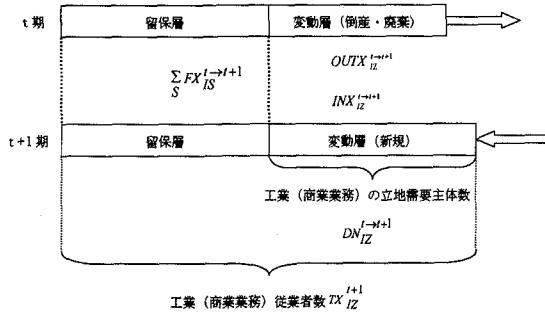


図3 工業及び商業業務 ($I=2,3$) の立地需要主体数

なお、立地需要主体数算定においては、転出や転入の社会的な変動以外に、自然増減による人口変動も考慮している。

(2) 立地配分モデル

①住宅立地者

立地者 I の個々の立地主体 i が、ある個々の土地区画 s に立地することにより得る効用を U_{is} として、式(1)の効用関数を仮定する。そして、所得制約 Y_i のもとに効用最大化を図り、定数項を省略すると式(3)の間接効用関数 V_{is} が導かれる。

$$U_{is} = \sum_k \alpha_{ik} \ln X_{isk} + \sum_k \beta_{ik} \ln T_{isk} + \gamma_i \ln q_{is} + \delta_i \ln z \quad (1)$$

$$s. t. \quad Y_i = R_{is}^* \cdot q_{is} + p \cdot z \quad (2)$$

$$V_{is} = \alpha_i X_{is} + \beta_i T_{is} - \gamma_i R_{is} \quad (3)$$

ただし、 X_{is} : 立地条件、 T_{is} : 交通条件

R_{is} : 地価、 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$: パラメータ

さらに、式(3)にランダム項 ε_{is} を導入して、ランダム効用を仮定する。そして、立地主体 i と土地区画 s をそれぞれ集計し、住宅立地者 I が選択する土地区画を、ゾーン S 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_{IS} を $\frac{1}{\mu_1} \ln M_{IS}$ で修正する式(4)が得られる。³⁾

$$U_{IS} = V_{IS} + \frac{1}{\mu_1} \ln M_{IS} + \varepsilon_{IS} \quad (4)$$

$$\text{ただし、} M_{IS} = \frac{A_S}{q_{IS}}$$

M_{IS} : ゾーン S の立地区画の数

A_S : ゾーン S の土地利用可能面積

q_{IS} : 土地占有単位面積

式(4)の確率項 ε_{IS} に IIDG (Independently and Identically and Gumbel Distribution) を仮定するとロジットモデルとなり、立地主体 I がゾーン S を選択する確率 P_{IS} は次式のように表せる。

$$P_{IS} = \frac{M_{IS}^{\mu_1} \exp(\mu_2 V_{IS})}{\sum_{S \in Z} M_{IS}^{\mu_1} \exp(\mu_2 V_{IS})} \quad (5)$$

ただし、

$$V_{IS} = \alpha_i X_{is} + \beta_i T_{is} - \gamma_i R_{is}$$

μ_1, μ_2 : ばらつきの大きさを表すパラメータ

②工業及び商業業務立地者

工業及び商業業務立地者の利潤 π_{is} と生産関数 Q_{is} を式(6)のように定義する。そして、生産関数 Q_{is} のもとに利潤最大化を図り、定数項を省略すると式(8)の間接利潤関数 Π_{is} が導かれる。

$$\pi_{is} = Q_{is} - R_{is} A_{is} - w_{is} L_{is} \longrightarrow \text{MAX} \quad (6)$$

$$s. t. \quad Q_{is} = a_0 (A_{is})^{a_1} (L_{is})^{a_2} (PACS_{is})^{a_3} \quad (7)$$

$$\Pi_{is} = \ln \pi_{is} = \theta_1 \ln R_{is} + \theta_2 \ln w_{is} + \theta_3 \ln PACS_{is} \quad (8)$$

ただし、

π_{is} : 立地主体 i の利潤、 Q_{is} : 立地主体 i の生産量

R_{is} : 地価、 A_{is} : 土地投入量、 L_{is} : 労働投入量

w_{is} : 賃金、 a_0, a_1, a_2, a_3 : パラメータ

$PACS_{is}$: 市場規模と交通条件を表す指標

ここで、住宅立地者と同じように、立地主体 i と

土地区画 s をそれぞれ集計し、立地者 I とゾーン S として考え、確率項 ε_{IS} に IIGD を仮定すると次式のロジットモデルとなる。

$$P_{IS} = \frac{M_{IS}^{\mu_{12}} \exp(\mu_{12} V_{IS})}{\sum_{S \in Z} M_{IS}^{\mu_{12}} \exp(\mu_{12} V_{IS})} \quad (9)$$

ただし、

$$PACS_S = \sum_T \frac{IP_T + CP_T}{\gamma(T_{ST})} \quad (\text{工業}) \quad (10)$$

$$PACS_S = P_S^{a_4} \cdot CP_S^{a_5} \cdot T_{ST}^{a_6} \quad (\text{商業業務}) \quad (11)$$

IP_S : 工業従業者数、 CP_S : 商業業務従業者数

P_S : 夜間人口、 a_4, a_5, a_6 : パラメータ

ここで、 γ は交通モデルにおける重力モデルで推定したパラメータを用い、 T_{ST} 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。

③土地占有単位面積

立地者一人当たりの土地占有単位面積を以下の式で示すことによって、高地価地域における高層利用などを内生化する。

$$q_{IS,t} = a^* R_{IS} + b^* q_{IS,t-1} + c^* \quad (12)$$

ただし、 a^*, b^*, c^* : パラメータ

(3) 土地供給モデル

土地供給者は、地価の変動に対し、土地と一般財から得られる自らの効用水準 U_S を最大にするように土地を供給すると仮定する。

$$U_S = a \ln(S_{S,t} R_{S,t}) + b \ln(pz_{S,t}) \longrightarrow \text{MAX} \quad (13)$$

s. t.

$$z_{S,t} = (S_{S,t-1} - S_{S,t}) R_{S,t} - (S_{S,t-1} - S_{S,t}) R_{S,t} T + z_{S,t-1} \quad (14)$$

ここで、制約式は、土地供給者が、 $t-1$ 期から t 期の地価の変動により土地を売却したとき、 t 期の一般財の保有量を表す。

最大化問題を解き、各ゾーン間のばらつきを調整する調整項 c を追加すると土地供給量 A_S が得られる。

$$A_S = S_{S,t-1} \left\{ a - \frac{R_{S,t-1}}{R_{S,t}} b \right\} + c \quad (15)$$

ただし、

$S_{S,t-1}$: 供給可能面積

$R_{S,t}$: t 期におけるゾーン S の地価

$z_{S,t}$: t 期におけるゾーン S の一般財

T : 譲渡所得税率、 a, b, c : パラメータ

$z_{S,t-1} = S_{t-1} R_{t-1} \omega$ 、 ω : 係数

(4) 競合モデル

地代 R_{is}^* を所得 Y_i と効用水準 U_i^* 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 S において立地者 I が最大付け値をつける確率 P_{IS} を求めることができる。⁴⁾

s. t.

$$Y_i = R_{is}^* \cdot q_{is} + p \cdot z \quad (16)$$

$$U_i^* = \sum_k \alpha_{ik} \ln X_{isk}^* + \sum_k \beta_{ik} \ln T_{isk}^* + \gamma_i \ln q_{is} + \delta_i \ln z \quad (17)$$

$$P_{IS} = \frac{\exp\left(\omega_2 \ln R_{IS} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln N_I + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln W_{IS}\right)}{\sum_j \exp\left(\omega_2 \ln R_{JS} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln N_J + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln W_{JS}\right)} \quad (18)$$

$$F_{IS} = A_S P_{IS} \quad (19)$$

ただし、 N_I : 立地者 I の主体数

W_{IS} : ばらつきを表す項

F_{IS} : ゾーン S での立地者 I の供給面積

また、そのときの最頻地代は以下のログサム関数として表現できる。

$$\ln R_S^* = \frac{1}{\omega_2} \ln \sum_I \exp(\omega_2 \ln R_{IS} + \ln N_I + \ln W_{IS}) \quad (20)$$

実際に最頻地代を求めることは困難であるため平均地価を代表地価と見なし、地代を実際の地価と関連させる。また、そのときの最頻地代 R_S^* と平均地価 R_S の関係を以下のように仮定する。

$$\ln R_S^* = \alpha \ln R_S + \beta \quad (21)$$

式(19)、(20)、(21)から平均地価 R_S と用途別最高地価 R_{IS} を式(22)のように表現することができる。

$$\ln R_{IS} = \alpha^* \ln R_S + \beta^* \ln \left(\frac{F_{IS}}{A_S} \right) + \gamma^* \quad (22)$$

ただし、 $\alpha^*, \beta^*, \gamma^*$: パラメータ

4. 交通モデル

本研究における交通モデルは一般的な4段階推定法を用いている。

発生集中交通量は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。
また、分布交通量は発生集中交通量、及びゾーン間・ゾーン内所要時間から重力モデルを適用することにより、分担交通量は分布交通量及び各ODごとの機関分担率より、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。

5. パラメータの推定

各モデルのパラメータを1985～1990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1～6に示す。また、式(15)は、兵庫県を都市部(パーソントリップ調査が実施された地域)と地方部に分類して推定した。

表1 立地配分モデル(住宅立地者)[式(5)]

説明要因	パラメータ	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(転出人口(人))	0.9763	15.763
決定係数(補正 R ²)	0.9621	

表2 立地配分モデル(商業業務立地者)[式(9)]

説明要因	パラメータ	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(中央区までの所要時間(分))	-0.3397	-2.822
決定係数(補正 R ²)	0.8971	

表3 立地配分モデル(工業立地者)[式(9)]

説明要因	パラメータ	t 値
ln(立地可能区画の数)	7.99E-07	1.523
ln(工業地地価(円/㎡))	-0.1557	-0.787
ln(賃金(百万円/人))	-0.4126	-0.377
ln(工業・商業業務ACS)	1.0046	6.109
決定係数(補正 R ²)	0.6738	

表4 土地供給モデル[式(15)]

説明要因	都市部	地方部
供給可能面積(㎡)	0.191(6.38)	0.132(13.21)
地価に関する項	0.310(4.93)	0.119(6.41)
調整項	1121793(2.99)	-206028(-1.36)
決定係数(補正 R ²)	0.643	0.837

()内は t 値

表5 土地占有単位面積[式(12)]

説明要因	住宅地	商業業務地	工業地
地価 (万円/㎡)	-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6 競合モデル[式(22)]

説明要因	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)
切片	0.0632 (0.209)	-0.4832 (-1.863)	-0.4348 (-0.764)
決定係数 (補正 R ²)	0.9547	0.9650	0.9049

()内は t 値

6. 終わりに

今回は土地利用モデルを中心的に記載した。本研究における交通モデルのパラメータ推定結果と現況再現性の検討結果は講演時に発表する。

本研究における成果は以下に示すとおりである。

- ・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、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。
- ・立地主体間の価格競争による立地競合を表現する競合モデルから用途別地価と平均地価との関係を価格競争による供給面積の量によって表現した。

[参考文献]

- 1) 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, 1984.
- 2) 都市圏における市街地モデルの開発と応用に関する研究, 徳島大学学位論文, 1996.
- 3) Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman: Discrete Choice Analysis, MIT Press, 1985.
- 4) 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, 1989.