

建物と居住世帯のライフステージを考慮した詳細土地利用モデルの構築*

A Detailed Land-Use Model with Consideration to Life Stage of Households and Buildings

杉木直**・谷後義雄***・内田敬****・宮本和明*****

by Nao SUGIKI, Yoshio TANIGO, Takashi UCHIDA, Kazuaki MIYAMOTO

1. はじめに

現在都市は、商業地の郊外化に伴う都心の空洞化、高齢化の進行に対応した居住環境の整備など様々な課題を抱えており、交通施設整備、土地利用規制、税制、再開発事業等の都市政策を複合的に行っていくことが必要である。

これらを土地利用の側面から分析し、評価するモデルはこれまでも多く提案されているが、モデル分析対象の限定性より、複合的な都市政策の評価に対しては実用が困難であった。既存のモデルの多くは、大きな集計単位であるゾーンを分析単位として、土地市場あるいは床市場の均衡に基づいて立地者の立地選択行動を記述するものである。これらのモデルは、都市の人口フレームの変化、交通施設整備による利便性の変化などが土地または床の需要主体の行動へ与える影響の分析、すなわち“立地分析”に対して効果的である。その反面、分析単位の粗さから、たとえば供給者の行動を記述していたとしても、個々の土地における詳細な土地条件の違い、既存建物による土地利用変化に対する制約、土地利用規制など、土地に建物を建設し床を提供している供給者の行動に影響を与える要因を十分に表現するには至っていない。

一方ミクロな土地利用分析としては、区画整理事業を対象として、ニューラルネットワーク等の工学的手法を用いて土地利用を予測するモデル¹⁾、付け値分析により立地者の選好特性を記述し、統計的に土地利用を予測するモデル²⁾などが提案されてい

る。これらの分析に用いられている手法は、詳細な土地条件や土地利用規制等の十分な考慮が可能であり、個々の土地にどのような建物が建つかという“土地利用分析”に対して有効であると考えられる。しかし、現在提案されているモデルの対象は既存ストックの影響が少ない土地区画整理事業に限定されているため、既成市街地への適用が困難である。またモデルの対象地区が都市内の限られた狭い地区であるため、その地区への立地需要量により、本来全く異なると考えられる立地状況の将来予測を表現できないという問題点がある。都心空洞化対策、再開発事業の波及効果などの評価においては、立地需要量の変化を考慮していないこれらの分析では不十分である。

そこで本研究では、既成市街地を対象とした都市政策評価のための実用的分析手法として、街区単位で土地利用の将来予測を行うモデルを構築することを目的とする。本モデルの特徴としては、①モデルの経済学的な意味解釈を充実させ説得力を増すという観点から、既存研究³⁾のような付け値による統計的配分ではなく、建物を建設し床を提供する供給者の利潤最大化行動により詳細な土地利用が決定されるものとして定式化すること、②マクロレベルの立地選択行動で決定される各分析地区への立地需要量のもとで、各街区での土地利用を予測するモデルであり、分析単位に関する2段階配分手法を用いていること、③既成市街地を対象とするため、既往分析で考慮されているフローとしての土地や床に加えて、ストックとしての建物を明示的に考慮しており、床の需給不均衡による空室、空き家等の考慮が可能であること、④居住立地主体についてはそのライフステージの進行を考慮しており、今後の高齢化進行に伴う、都心居住促進政策の評価、各地区での公共施設整備のライフサイクル的視点からの提言が可能であることなどがあげられる。

*キーワード：都市計画，土地利用

**学生員，修(情報)，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06、
TEL022-217-7478, FAX022-217-7477,
E-mail:sugiki@rs.civil.tohoku.ac.jp)

***学生員，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

****正員，工博，東北大学，助教授，大学院工学研究科土木工学専攻

*****フェロー，工博，東北大学，教授，東北アジア研究センター

本稿では、モデルの概要を記し、配分の具体的な定式化を行う。また、仙台都市圏を対象とした具体的なモデルの適用に関して、概要を述べる。

2. 詳細土地利用モデルの構築

(1) 基本的な考え方

モデルの概要を図1に、ゾーニングの概要を図2に示す。本研究のモデル化の対象は、既成市街地の土地利用の将来予測である。したがって、分析は現状の土地利用分布に基づいて、 Δt 期後の将来時点を準動的に予測する。都市圏は、いくつかのゾーン I によって構成されているものとする。ゾーン I は筆 l の集合である街区 i に分割される。

モデルは、ゾーンレベル立地モデルと街区レベル土地利用モデルによって構成される。ゾーンレベル立地モデルは、立地主体の立地選択行動の記述により、各ゾーンの建物タイプ別立地需要床量を算定することを目的とする。立地均衡は、床市場において仮想的な供給者との均衡のもとで決定される。

街区レベル土地利用モデルでは、土地に建物を建設し床を提供する[土地保有者+デベロッパー]の供給主体が、現状の建物分布に対して建て替え、新規建設等を行った結果としての建物分布が求められる。供給者の行動は、ゾーンレベル立地モデルで算出された建物タイプ別立地需要床量のもとでの利潤最大化行動の結果として表現される。各建物による利潤は、立地者が各筆での床利用に対し、詳細な土地条件を考慮してつける付け値と、建物の除却、建設に関わるコストをもとに算出される。ここで用いられる付け値は、立地者のゾーン内の各土地に対する相対的な利便性によりつけられるものである。

本研究において、土地利用を供給者の行動の結果として表現している理由は、モデルの対象が既存建物の制約が大きい既成市街地であり、また日本のように個々の土地の制約が大きい都市では、個々の土地に対して実際に建物が建つ現象に対しては、建物として床を提供する供給者の行動が支配的であると考えられるためである。

本研究の提案するモデルは、立地量に対して2段階の配分手法を取る。本モデルのように分析単位に関して2段階配分を行うモデルは、これまで提案されてきた。しかしこれらのモデルで取り扱ってい

るものは、本モデルにおいてはゾーンレベル立地モデルに相当するものであり、本研究の街区レベル土地利用モデルは、その詳細な土地利用という対象、供給者行動による土地利用の決定の記述という点において、全く異なるものである。

(3) 建物の明示的な考慮

既存の土地利用モデルにおいても、土地市場と建物市場を考慮した上田ら⁴⁾、ディベロッパーの行動を記述した文⁵⁾などにより建物は表現されてきた。

しかしこれらのモデルにおいて、建物は床の高度利用としてのみ表現されており、明示的な考慮はされていない。詳細な土地利用においては、空室や空き家などの存在により、実際に立地主体により利用されている床と、供給者が建物として提供している床の間には、供給超過の不均衡の状態が存在する。本研究では、ストックとしての建物を明示的に考慮

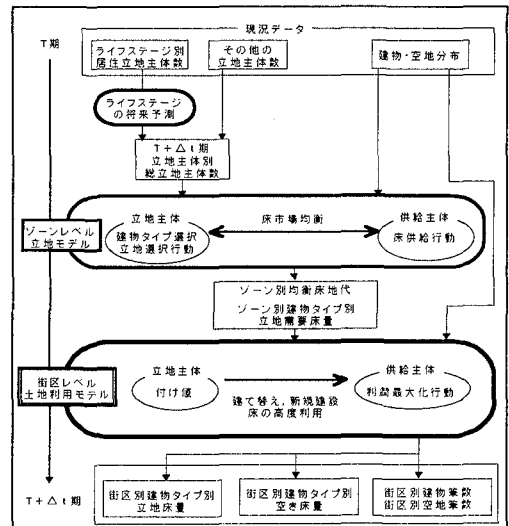


図1 モデルの概要

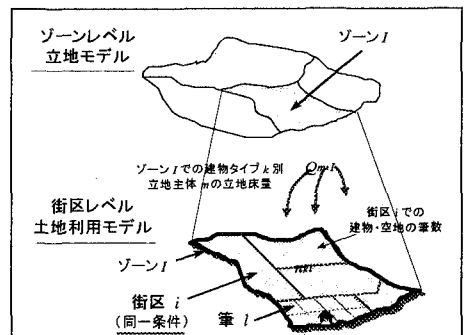


図2 ゾーニング

することでこれらの表現を可能としており、都心空洞化に対して需要促進政策、再開発等を行った場合の既存建物ストックの考慮等が可能である。また、立地量の変動に対する建物ストックの影響の分析等、今後のモデル動学化を視野に入れたものでもある。

(3) 世帯ライフステージの考慮

高齢者の都心居住促進政策の評価、公共施設整備のライフサイクル的視点からの分析のため、居住立地主体に関しては、ライフステージによる立地選択行動の違いを考慮する。ゾーンレベル立地モデルではライフステージ別建物タイプ別の立地需要床量が求められ、これを建物タイプに関して集計したものが街区土地利用モデルへの立地需要床量として与えられる。街区レベルでは、各街区の建物タイプ別床量に対応するライフステージ別建物タイプ別立地需要床量を比例的に配分することでライフステージ別世帯分布を予測することが可能である。

3. モデル配分の定式化

(1) ゾーンレベル立地モデルの定式化

i) 立地主体の建物タイプ・立地ゾーン選択行動

立地主体の行動は、建物タイプ選択を上位、立地ゾーン選択を下位とするネステッドロジットモデルで表現される。

立地主体 m が立地ゾーン I を選択することによる間接効用関数を式(1)に示す。右辺第2項は立地主体間の集積選好性、及び相互作用を表す項である。

$$V_{m,I} = \alpha_{m,I} X_I + \beta_{m',m,I} W_{m',I} - \gamma_{m,I} R_I \quad (1)$$

X_I : ゾーン I の立地場所属性ベクトル

$W_{m',I}$: 立地主体 $m' (\in m)$ の立地量ベクトル

R_I : ゾーンの床地代

$\alpha_{m,I}, \beta_{m',m,I}, \gamma_{m,I}$: パラメータ

またこのときの床需要関数が式(2)で与えられる。

$$q_{m,I} = \theta_{m,I} \exp(-R_I) \quad (2)$$

各建物タイプ k の選択による効用は式(3)で与えられる。

$$V_{mk} = \alpha_k x_m + \frac{1}{\omega_I} \ln \exp(\omega_I V_{m,I}) \quad (3)$$

x_m : 立地主体 m の主体特性ベクトル

α_k, ω_I : パラメータ

式(2)、式(3)を集計化してロジットモデルを適用すると、各ゾーンへの立地選択確率 $P_{m,I}$ 、各建物タイプの選択確率 p_{mk} が表現され、建物タイプ別立地需要床量が式(4)で求められる。

$$Q_{kl} = \sum_{m \in I} N_m \cdot P_{m,I} \cdot p_{mk} \cdot q_{m,I} \quad (4)$$

N_m : 立地主体 m の立地主体総数

ii) 立地均衡

供給者は、所有する土地に対して建物を建てて床を提供するか否かの選択を行う。立地均衡は、床市場において仮想的な供給者との均衡のもとで決定され、このとき均衡床地代 R_I が求められる。

(2) 街区レベル土地利用モデルの定式化

i) 立地者の付け値

立地者が床として、各筆に建てられた建物に立地する際には、その所属する建物タイプによって、分析の対象地域であるゾーン内において、その筆の詳細な土地条件によって相対的な利便性の差異が生じるとして、次のような各筆 l に対する建物タイプ k ごとの付け値 b_{kl} を考える。

$$b_{kl} = \alpha_k X_l \quad (4)$$

X_l : 詳細な各筆の土地条件ベクトル

α_k : パラメータ

ii) 土地・建物保有者の床供給行動

筆 l において供給者は、 T 期の現況を考慮し、 $T + \Delta t$ 期までの期間に建物の除却、新規建設等を行うかを選択し、 $T + \Delta t$ 期の建物が決定される。この行動は、以下のような筆あたりの利潤により決定される。

・現況の建物 k を保留する場合の利潤関数

$$\pi_{kl}^r = b_{kl} \cdot H_{kl}^T \quad (5)$$

H_{kl}^T : T 期に存在する建物 k の実容積

・新規に建物 k を建設する場合の利潤関数

$$\pi_{kl}^c = (b_{kl} - C_k^c) \cdot H_k(R_{kl}) \quad (6)$$

$H_k(R_{kl})$: 建物 k の高度利用関数

C_k^c : 建物 k の単位高さあたり建設費用

・空地として利用する場合の利潤関数

$$\pi_l^a = R_l^a \quad (7)$$

R_l^a : 空地地代

・空地に建物を建設する場合の期待利潤

$$\pi_l^c = \frac{1}{\omega_c} \ln \sum_k \exp(\omega_c \pi_{kl}^c) \quad (8)$$

・前期の建物 k を除却する際の期待利潤

$$\pi_{kl}^d = \frac{1}{\omega_d} \ln \{ \exp(\omega_d \pi_{kl}^c) + \exp(\omega_d \pi_{kl}^a) \} - C_k^d \cdot H_k(R_{kl}) \quad (9)$$

C_k^d : 建物 k の単位高さあたり除却費用

ここで、 R_{kl} は建物タイプ k の立地主体の筆 l における床地代であり、式(10)の付け値 - 床地代関数によって求められる。

$$R_{kl} = R_l + \lambda b_{kl} \quad (10)$$

λ : パラメータ

式(5)～式(9)より、供給者が各行動を行った場合に、得られる利潤が最も多くなる確率が、式(11)～式(13)によって示される。

・前期の建物 k を保留する場合

$$p_{kl}^r = \frac{\exp(\theta_1 \pi_{kl}^r)}{\exp(\theta_1 \pi_{kl}^r) + \exp(\theta_1 \pi_{kl}^d)} \quad (11)$$

・空地として利用する場合

$$p_l^a = \frac{\exp(\theta_2 \pi_l^a)}{\exp(\theta_2 \pi_l^c) + \exp(\theta_2 \pi_l^d)} \quad (12)$$

・新規に建物 k を建設する場合

$$p_{kl}^c = \frac{\exp(\theta_3 \pi_{kl}^c)}{\sum_j \exp(\theta_3 \pi_{jl}^c)} \quad (13)$$

$$s.t. \quad H_k(R_{kl}) \leq H_l^{cap} \quad (14)$$

H_l^{cap} : 筆 l における指定容積率

街区 i 単位で筆を集計すると、式(11)～式(13)は街区内の筆数に対して各行動を行う筆の選択確率を表す。また、式(14)は容積率規制である。

ここで、 T 期の建物 k の筆数 n_{ki}^T 、空地の筆数 n_i^{aT} とすると、今期の前期建物 k の保留筆数 n_{ki}^r 、新規建物 k の建設筆数 n_{ki}^c 、空地筆数 n_i^a の配分パターンの同時確率は式(15)のように表される。

$$P = \prod_i \left\{ \prod_k \left(\frac{n_{ki}^T!}{n_{ki}^r! n_{ki}^c!} (p_{ki}^r)^{n_{ki}^r} (1 - p_{ki}^r)^{n_{ki}^c} \right) \cdot \left(\frac{(n_i^{aT} + \sum_k n_{ki}^a)!}{n_i^a! \prod_k n_{ki}^a!} (p_i^a)^{n_i^a} \cdot \prod_k (p_{ki}^c)^{n_{ki}^c} \right) \right\} \quad (15)$$

ここで、 n_{ki}^d は除却される建物 k の筆数である。

$$n_{ki}^T = n_{ki}^r + n_{ki}^d \quad (16)$$

また、街区 i 内における筆数の総量条件として式(17)が与えられる。

$$\sum_k n_{ki}^T + n_i^{aT} = \sum_k n_{ki}^r + \sum_k n_{ki}^c + n_i^a \quad (17)$$

式(15)の同時確率最大化は、供給者の利潤最大化行動を表す。そのもとでの配分パターンに関して、ゾーン立地モデルで算定された建物タイプ別立地床量に対する総量条件が式(18)で与えられる。

$$Q_{kl} \leq \sum_i \left[\left\{ \sum_k n_{ki}^r \cdot H_{ki}^T + \sum_k n_{ki}^c \cdot H_k(R_{ki}) \right\} \cdot ls_i \right] \quad (18)$$

ls_i : 街区内の筆の平均建べい面積

式(16)が不等式制約であるのは、既存ストックとしての建物を明示的に考慮する事により、床に関する需給の不均衡を表現するためである。

また、各街区における建物立地に関する物理的、制度的な制約（用途制限等）を式(19)で与える。

$$G(n_{ki}^c) \leq C_i \quad (19)$$

式(15)は、式(17) 式(18) 式(19)の制約条件のもとで最大化問題として解かれ、今期の土地利用パターンが決定される

4. 適用

G I S において構築された仙台都市圏データベースをもとに、モデルパラメータの推定を行い、構築されたモデルの検証を行う。また、仙台都市圏を対象とした将来予測を行い、交通施設整備、土地利用規制、都心居住促進政策等について影響をシミュレーションする。

5. まとめ

本稿では、詳細な土地利用を予測するモデルについて、特徴と概要について述べ、配分の際の定式化を提示した。パラメータ推定結果等の適用結果に関しては発表会時に報告する予定である。

<参考文献>

- 1) 枝村俊郎, 川井隆司: ニューラルネットワークによるミクロ土地利用モデル, 都市計画学論文集, No.27, pp.175-180, 1992.
- 2) 柿本竜治, 溝上章志: 区画整理事業地区内ミクロ立地モデルの提案, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp.277-284, 1997.
- 3) MIYAMOTO, SUGIKI, UCHIDA, PAEZ; A GIS Based Land-Use Model dealing with Building Types by Small Unit of Land in a Metropolitan Area, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.2, No.6, pp.1943-1959, 1997.
- 4) 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.
- 5) 文世一: ディベロッパーの行動にもついた市街地変化モデル, 土木計画学研究・論文集, No.8, pp.129-136, 1990.