

建物立地分布の3次元可視化のための用途・階数別建物予測モデルの試み*

Building Simulation Model of Land-Use Type and Volume for Assessing Urban Landscape

寺嶋大輔**, 富田安夫***, 黒田大心****

by Daisuke TERASHIMA**, Yasuo TOMITA***, Daishin KURODA****

1. はじめに

持続可能な都市づくりの必要性から、都心機能の再生や都心居住の促進が求められている。これらの施策の計画立案のためには、施策実施後に、どのような建物分布が実現するかを事前に予測し、適切な土地利用規制等を検討しておくことが必要である。また、建物立地分布を3次元的に可視化することは、住民合意を得るためのツールとしても有用である。

これまでの土地利用モデルは、ゾーンレベルの分析モデルが多く、建物立地を扱った詳細なモデルは少ない。このような研究として、例えば、兼田¹⁾や杉木ら^{2) 3)}の研究などがあるが、兼田のモデルは、都市計画の教育用モデルであり、現実の敷地区分を対象としていない。また、杉木らのモデルは、敷地を集計した街区単位での建物立地分布を予測するモデルであり、各敷地における建物を直接に予測するモデルではない。

本研究では、将来の建物立地分布を3次元可視化するために、敷地を分析単位として、用途・階数別の建物立地分布を予測するためのモデルを開発し、このモデルを用いた予測方法を提案している。

2. 用途・階数別建物予測モデル

(1) モデルの構成と特徴

本モデルは、建物供給者の立地行動をモデル化している。建物利用者と供給者が同じ場合、供給者は

*キーワード：土地利用，空間整備・設計

** 学生員 修(工) 神戸大学大学院自然科学研究科
(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

Phone : 078-881-1212 ex.6269

E-mail: 998d867n@y01.kobe-u.ac.jp)

*** 正会員 工博 神戸大学工学部建設学科助教授

**** 学生員 神戸大学大学院自然科学研究科

自分自身に供給しているものとして扱う。この建物供給者は図-1に示す選択肢構造に従って意思決定を行うものと考え、本研究では、これをネスティブロジットモデルによって定式化する。

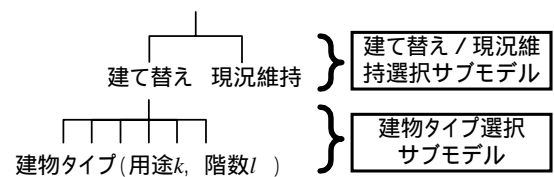


図-1 モデルの選択肢構造

モデルは、1)建て替え/現況維持選択サブモデル、2)建物タイプ選択サブモデル(建物タイプは、用途・階数により区分)、3)地価サブモデルとから構成されている。ここで、地価サブモデルは、各建物タイプの建物を供給することによる期待収益・利潤および地価を算定するためのモデルである。

モデル開発にあたって、杉木らの研究を参考にしているが、次の点で異なっている。1)建物の期待収益関数を、ランダム付け値モデルを用いて推定し、これを用いて期待利潤を算出していること(杉木らの方法に比べて、比較的、安定したパラメータ推定が可能)、2)建物立地分布の実現確率の最大化によって、将来の用途・階数別建物分布を敷地別に予測していること、などである。

(2) 建て替え/現況維持選択サブモデル

建て替え/現況維持選択サブモデルは、建物所有者にとっての建て替えによる期待利潤と、現況維持による期待利潤との比較によって、建て替え確率を説明するモデルであり、ロジットモデルによって定式化したものが(1)式である。建て替えによる期待利潤は、下位のモデルである建物タイプ選択サブモデル(3)式の説明変数である期待利潤 $\pi_i^{k,l}$ のログサム値によって与える。一方、現況の建物の期待利潤

π_i^0 は築年数によって $\pi_i^{k,l}$ を割り引いた値とする。

なお、期待利潤関数 (3式) の中で考慮できなかった要因、例えば、現況の建物の取り壊し費用等については定数項に含まれていることになる。

$$P_i = \frac{\exp\left\{\theta \frac{1}{\lambda} \ln \sum_k \sum_l \exp\{\lambda \pi_i^{k,l}\} + c\right\}}{\exp(\theta \pi_i^0) + \exp\left\{\theta \frac{1}{\lambda} \ln \sum_k \sum_l \exp\{\lambda \pi_i^{k,l}\} + c\right\}} \quad (1)$$

P_i : 敷地 i における建て替え確率

π_i^0 : 敷地 i における現況維持に対する単位敷地あたり期待利潤 (万円 / m^2)

$\pi_i^{k,l}$: 敷地 i に建物タイプ(用途 k , 階数 l)の単位敷地あたり期待利潤 (万円 / m^2)

θ, λ, c : パラメータ

(3) 建物タイプ選択サブモデル

(a) モデルの定式化

建物タイプ選択サブモデルは、建替える場合にどの建物タイプ(用途 k , 階数 l) に建て替わるかを求めるモデルである。各建物タイプの期待利潤 $\pi_i^{k,l}$ (後述) を説明変数として、ロジットモデルによって定式化したものが(2)式である。

$$P_i^{k,l} = \frac{\exp\{\lambda \pi_i^{k,l}\}}{\sum_k \sum_l \exp\{\lambda \pi_i^{k,l}\}} \quad (2)$$

$P_i^{k,l}$: 敷地 i での建物タイプ(用途 k , 階数 l) の選択確率

$\pi_i^{k,l}$: 敷地 i における建物タイプ(用途 k , 階数 l) の単位敷地あたり期待利潤 (万円 / m^2)

λ : パラメータ

(b) 建物タイプ別期待利潤 ($\pi_i^{k,l}$)

単位敷地当たり建物タイプ別期待利潤 $\pi_i^{k,l}$ は、(3)式に示すように、建物供給による期待収益(単位敷地あたり)から、建物の建築費用(単位敷地あたり)および地価を差し引いたものとする。この関係を示したものが図-2である。 $B_i^{k,l}$, LP_i^k は後述の地価サブモデルによって、 $SC_i^{k,l}$ は外生値として与える。

$$\pi_i^{k,l} = B_i^{k,l} - LP_i^k - SC_i^{k,l} \quad (3)$$

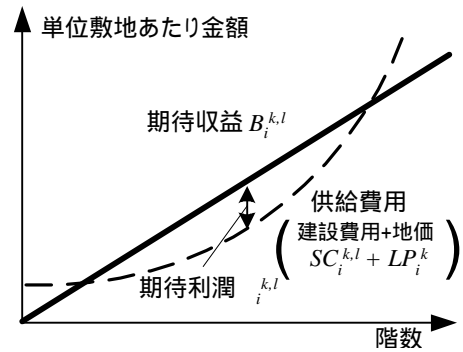


図-2 期待収益、供給費用および期待利潤の関係

$B_i^{k,l}$: 敷地 i における用途 k , 階数 l の建物供給により得られる、単位敷地面積あたり期待収益 (万円 / m^2)

LP_i^k : 地点 i における用途 k の建物に対する地価 (万円 / m^2)

$SC_i^{k,l}$: 敷地 i における用途 k , 階数 l の建物建設のための単位敷地面積あたり建築費用(除く土地代) (万円 / m^2) (なお、 $SC_i^{k,l} = F_k(l) \times l \times \varepsilon$ 。ここで、 $F_k(l)$: 床面積あたり用途別建築費用 (万円 / m^2)、 l : 階数、 ε : 建べい率)

(4) 地価サブモデル

(a) モデルの定式化

地価は、建物供給者の付け値競合の結果として決まるものとする。敷地 i の地価はランダム付け値モデルを用いて(4)式のように定式化される。(4)式は、建物供給者の提示する付け値、(すなわち、期待収益から建築費用を差し引いたもの)の最大値分布の最頻値として、地価が決定されることを定式化したものである。

$$LP_i^k = \frac{1}{\omega} \ln \sum_l \exp\{\omega(B_i^{k,l} - SC_i^{k,l}) + c\} \quad (4)$$

$B_i^{k,l}$, $SC_i^{k,l}$: (3)式参照

ω, c : パラメータ

(b) 単位敷地あたり期待収益 ($B_i^{k,l}$)

敷地 i における建物タイプ別の単位敷地あたり期待収益 $B_i^{k,l}$ は、単位床あたり期待収益 B_i^k ((6)式) と階数 l を乗じたものであり、(5)式となる。

$$B_i^{k,l} = B_i^k \times l \quad (5)$$

ここで、 $B_i^k = a_0^k + \sum_m a_m^k X_{im}$ (6)

B_i^k : 敷地 i に対する用途 k の単位床面積あたり期待収益 (万円 / m^2)

l : 階数

X_{im} : 敷地 i の属性 m の土地条件

a_m^k : パラメータ

3. 敷地を分析単位とした建物立地分布の予測方法

前節のモデルより求まる建て替え確率および建物タイプ別選択確率を用いて、ある建物立地分布が実現する同時確率を定式化したものが(7)式である。対象地域の用途別床面積制約(8式)のもとに、この同時確率を最大化する建物立地分布は、将来、もっとも生じやすい建物立地分布であり、これを予測結果とする。このように定式化された問題は、(7)~(9)式のような 0-1 整数計画問題となる。

$$\max \prod_i \left\{ (1 - P_i)^{\delta_i^s} \cdot \prod_k \prod_l (P_i \cdot P_i^{k,l})^{\delta_i^{k,l}} \right\} \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \left\{ SA_i^s \cdot \delta_i^s + \sum_k \sum_l (SA_i^{k,l} \cdot \delta_i^{k,l}) \right\} = \overline{SA}^k \quad (8)$$

$$\delta_i^s + \sum_k \sum_l \delta_i^{k,l} = 1 \quad \text{ただし } \delta_i^s, \delta_i^{k,l} = 0 \text{ or } 1 \quad (9)$$

P_i : (1)式参照, $P_i^{k,l}$: (3)式参照

δ_i^s : 敷地 i で現況維持のとき 1, 建替えのとき 0

$\delta_i^{k,l}$: 敷地 i で建物タイプ (k,l) が実現するとき 1, 実現しないとき 0

SA_i^s : 敷地 i で現況維持の場合の建物床面積 (m^2)

$SA_i^{k,l}$: 敷地 i で建物タイプ (k,l) に建て替えた場合の建物床面積 (m^2)

\overline{SA}^k : 対象地域内の用途 k の総建物床面積需要 (m^2)

決定変数は $\delta_i^s, \delta_i^{k,l}$ であり、その他の変数は全て与件である。この問題は大規模な 0-1 整数計画問題であることから、分枝限定法によって解くことは困難である。そのため、本研究では、決定変数 $\delta_i^s, \delta_i^{k,l}$ をそれぞれ区間 [0,1] の連続変数に線形緩和して近似解を求めている。

4. 名古屋市都心部への適用

(1) 対象地域および使用データ

対象地域は、名古屋市都心部(中区, 東区, 中村区)とした。使用データは、現況建物用途・階数および土地条件データについては、建物用途現況図(平成8年)により作成し、地価は公示地価(平成8年)を用いた。

(2) パラメータ推定結果

(a) 建て替え / 現況維持選択サブモデル

建物の建て替えデータがないため、ここでは、次の方法によって、仮にパラメータを与えている。

平成8年の名古屋市における建物数は、建物用途現況図より約 59 万棟である。一方、平成7~9年における名古屋市の年間平均着工建築物数は約 1.2 万棟であり、5年間では約 6 万棟となることから、建て替え率(5年間)を 10.2%とする。ここでは、この比率が実現するよう、仮にパラメータを $=1.0, C=1.53$ とした。

(b) 建物タイプ選択サブモデル

建物タイプ選択サブモデルの推定にあたっては、各敷地に実現している建物タイプが、建物供給者による期待利潤最大化の結果であるものと仮定し、現況の建物立地分布データを用いてパラメータ推計を行った。また、建物タイプは、表-1に示す用途・階数区分を用いた。

推定結果は表-2に示すとおりである。期待利潤に関する係数の符号は正であり、利潤が高い建物タイプほど立地しやすいことを示している。尤度比は 0.15 とやや低い、これは現況の建物立地分布が最適な建物立地分布から乖離していることがひとつの要因として考えられる。

表 - 1 建物タイプ区分

用途	住宅, 商業・業務の2種類	
階数	低層	1-3階
	中層	4-6階
	高層1	7-9階
	高層2	10-12階
	高層3	13-15階
	高層4	16-18階
	超高層	19階以上

表 - 2 建物タイプ選択サブモデルのパラメータ推定結果

	推定値(t 値)	
期待利潤 (万円 / m ²) ()	0.0007	(0.21)
住宅用途ダミー	-3.137	(-9.767)
的中率	31.3%	
尤度比	0.15	

(c) 地価サブモデル

公示地価データを用いて、建物用途別に地価サブモデルの推定を行った。推定結果は表 - 3 に示すとおりである。符合条件、t 値、尤度比ともにほぼ良好な結果が得られている。また、推定地価と実績地価との相関図を示したものが図 - 3 である。住宅および商業・業務地価サブモデルの相関係数はそれぞれ 0.88、0.91 と良好な結果が得られている。

表 - 3 地価サブモデルのパラメータ推定結果

()内は t 値

	住宅	商業・業務
地積(1000 m ²)(a_1^k)	8.57 (21.1)	10.2 (80.4)
最寄り駅までの距離 (km) (a_2^k)	2.47 (6.99)	-20.1 (-201)
法定容積率(1000%) (a_3^k)	47.4 (9.98)	84.7 (227)
定数項(a_0^k)	-18.3 (-21.4)	22.2 (87.7)
分散パラメータ()	0.19 (236)	0.04 (73249)
尤度比	2.31	3.45
サンプル数	32	67

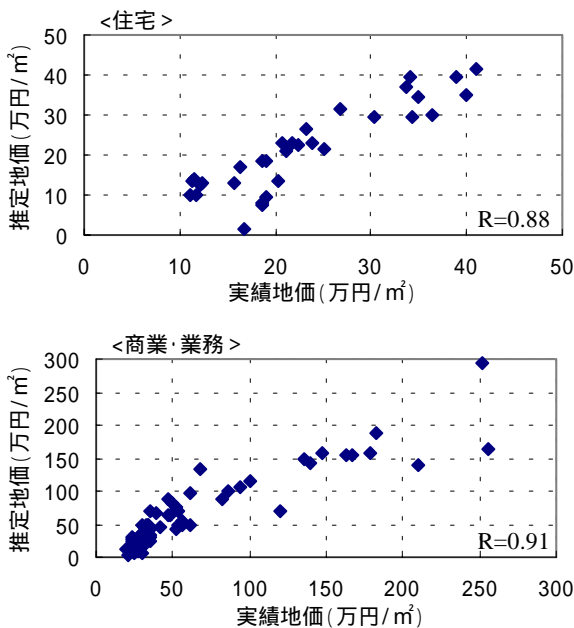


図 - 3 地価サブモデルの推定精度

(d) 単位床面積あたり建築費用

単位床面積あたり建築費用は、関係者へのヒアリ

ングをもとに、住宅、商業・業務について表 - 4 のように設定する。

表 - 4 単位床面積あたり建築費用($F_k(l)$)

	$F_k(l)$ (万円 / m ²)
住宅	$l + 50$
商業・業務	$l + 60$

(3) 現況再現性の検討

対象地域のうち、名古屋都心の一地区(中区錦3丁目、約 25ha)を取り上げ、現況再現をした結果が図 - 4 である。

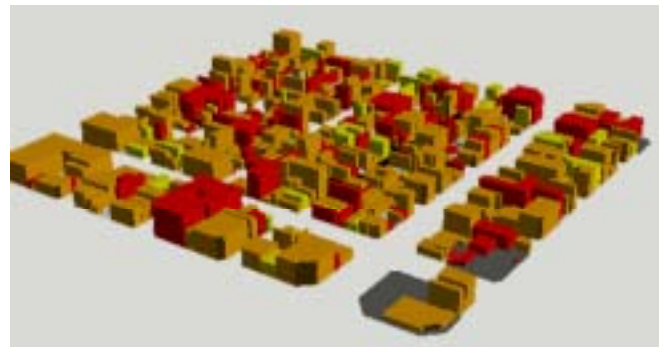


図 - 4 現況再現結果

5. おわりに

本研究では、ネスティッドロジットモデルを用い、敷地を分析単位とした用途・階数別建物予測モデルを開発し、このモデルによる予測方法を提案した。このモデルを名古屋都心部に適用した結果、概ね良好な結果を得ている。

今後の課題としては、1)建て替え / 現況維持選択サブモデルを推定すること、2)建物分布の現況再現性を改善すること、3)大規模 0-1 整数計画問題を線形緩和により解くのではなく、遺伝的アルゴリズムなどのヒューリスティックな手法を用いた方法によって解くこと、などが残されている。

【参考文献】

- 1) 兼田：都心計画のための空間利用シミュレーター、シミュレーション&ゲーミング、vol.10 1、2000.3
- 2) 杉木、谷後、内田、宮本：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、土木計画学研究・講演集、22-2、pp451-454、1999.11
- 3) 杉木、谷後、内田、宮本：既成市街地を対象とした詳細土地利用モデルのパラメータ推定、土木計画学研究・講演集、23-2、pp495-496、2000.11