

市街地変化における用途選択・容積率の同時決定モデル

京都大学工学部 正 員 吉川和広 京都大学大学院 学生員○本田武志
 京都大学工学部 正 員 文 世一 京都大学大学院 学生員 亀井三郎

1. はじめに 従来より都市・地域計画への適用を念頭において数多くの土地利用予測モデルが開発されてきた。それらの多くは土地や床の需要側の行動に着目し、活動主体の立地選択行動を記述することにより土地利用を予測しようとしたものであり、土地や床の供給は容量制約のように簡略化された形で取り扱われてきた。しかし近年、都市圏においては開発適地の減少により、新規開発による土地や床の供給よりも既成市街地内部での再開発によるものの占める割合が増えてきており、それに伴って、市街地内部の用途転用や、土地の高度利用化等が進行している。これに対して需要行動の記述のみでは上述のような新たな土地利用変化を表現することが困難である。そこで本研究では、供給側の行動メカニズム、すなわち建設活動による市街地の変化に着目した土地利用予測モデルの開発を目的とする。筆者らは既に開発主体による建設活動を①土地の開発の決定、②開発される土地の用途選択、③建築物の容積率決定、といったプロセスを経て行なわれるものと考え、これらの各段階について別個にモデル化した市街地変化モデルを作成している¹⁾。しかし用途選択と容積率決定は独立に行われるのではなく、開発主体が利潤を最大にするように、その組合せを同時決定していると考えられる。この場合、用途選択においては、選択肢が離散的であり、それに対し容積率は連続変数であるという特徴がある。そこで本研究では、これを離散・連続同時決定モデルという形で定式化することにする。

2. 用途・容積率同時決定モデルの定式化 このモデルは、新規開発による造成、あるいは既成市街地内における既存建築物の除却により「さら地」の状態になった土地が与えられた場合、その上に建てられる建築物の用途選択確率とその用途別容積率を求めるものである。このモデルは上述のように離散・連続同時決定の形をもつが、本研究ではこのような選択行動を以下のように定式化する。まず建設活動

に際して、建設主体は敷地面積当り利潤 π に着目していると考えられる。この π は、建物売却収入 R と、建設費等のコスト C との差で定義されるが、 R と C は用途 k と容積率 $I_{k,i}$ の組合せにより定まり、 i ゾーンにおける利潤 π_i は(1)式のように表わされる。

$$\pi_i(k, I_{k,i}) = R_i(k, I_{k,i}) - C_i(k, I_{k,i}) \quad (1)$$

$R_i(k, I_{k,i})$; $(k, I_{k,i})$ に対する建物売却収入

$C_i(k, I_{k,i})$; $(k, I_{k,i})$ に対する建物建設コスト

建設主体は各用途毎にこの π を最大とする最適容積率 $I_{k,i}^*$ を想定し、それに対応する利潤 π を比較検討して、開発地の用途を選択するものとした。この $I_{k,i}^*$ は次の極大条件式により得られ、

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial I_{k,i}} = 0, \quad \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial I_{k,i}^2} < 0 \quad (2)$$

この $I_{k,i}^*$ を(1)式に代入することにより最大利潤 π_i^* が求められる。(1)式において π が確率変動し、その誤差項がガンベル分布に従うと仮定すると(3)式のような用途選択に関するロジットモデルが誘導できる。

$$P_i(k, I_{k,i}^*) = \frac{\exp(\pi_i^*(k, I_{k,i}^*))}{\sum_n \exp(\pi_i^*(k, I_{n,i}^*))} \quad (3)$$

これにより、 k 用途として建設される床面積 $FA_{k,i}$ が(4)式により求められる。

$$FA_{k,i} = TBA_i \times P_i(k, I_{k,i}^*) \times I_{k,i}^* \quad (4)$$

ここに TBA_i は i ゾーンにおいてなんらかの建設活動が行なわれる土地の面積である。 π の具体的な関数形は以下に示す。収入 R_i は、建設された建物を売却することにより得られるが、ここでは(5)式のように表わすことにした。

$$R_i(k, I_{k,i}) = PR_{k,i} \times I_{k,i}^{\alpha_k} \quad (5)$$

$PR_{k,i}$: k 用途単位面積当り床価格

α_k : パラメータ

次にコスト C は、次のように表わされる。

$$C_i(k, I_{k,i}) = C0_k I_{k,i} + I_{k,i} (C1_k / I_{k,i}) \quad (6)$$

$C0_k$: k 用途単位面積当り建設コストパラメータ

$C1_k$: 追加費用パラメータ

第一項は建物の建設費であり、敷地面積当りで考えているので容積率に比例して増大する。さらに第二項は容積率規制以外の、例えば斜線制限等の建築規制による制約を一種の追加費用と考えたものである。これは、法定容積率 IL_{ki} に対する I_{ki} の比が大きくなるほど増加するものとした。収入と費用については以上述べた通りであるが、さらに本研究では、各用途に対応する立地主体数を考慮する必要があると考えた。例えば住宅と商業用途を比較した場合、立地主体数を考えると住宅用途の方が大きいので全体的に住宅用途として建設される割合が高くなっている。このような状況を表わすために本モデルでは、利潤の式 π に立地主体数に関する項 DEM_{ki} を追加することとした。従って、本研究では用途 k 、容積率 I_{ki} に対する利潤が(7)式のように定式化され、

$$\pi_i(k, I_{ki}) = PR_{ki} \times I_{ki}^{\alpha_k} - (C0_k + \frac{C1_k}{IL_{ki}}) I_{ki} + \beta_k \times DEM_{ki} \quad (7)$$

DEM_{ki} : 用途別立地主体数 β_k : パラメータ

用途 k 選択時に利潤を最大化する I_{ki}^* は(2)式に示した一階の条件式を I_{ki} に関して解くことにより次式のように求められる。

$$I_{ki}^* = \left\{ (C0_k + \frac{C1_k}{IL_{ki}}) / (\alpha_k \times PR_{ki}) \right\}^{\frac{1}{\alpha_k - 1}} \quad (8)$$

ただし $I_{ki} \leq IL_{ki}$

また π は I_{ki}^* において、極大となる必要があるので、次式の条件を満たさなければならない。

$$\frac{\partial^2 \pi_i}{\partial I_{ki}^2} = \alpha_k (\alpha_k - 1) PR_{ki} \times I_{ki}^{\alpha_k - 2} < 0 \quad (9)$$

よって価格 $PR_{ki} > 0$ 、容積率 $I_{ki} > 0$ であることより $0 < \alpha_k < 1$ がパラメータ α_k の満たすべき条件となる。

3. 用途・容積率同時決定モデルのパラメータ推定結果 ここでは(3)式及び(7)(8)式で定式化された用途選択に関するロジットモデルのパラメータを求める。対象地域は大阪府全域、ゾーンは市区町村単位とし、期間は1975～1980年とした。また工業用地の変化は外生的に与え、用途の選択肢は住宅、商業の2つとする。その推定結果を表-1に示す。(7)式におけるパラメータ α_k の値は最大化条件 $0 < \alpha_k < 1$ を住宅、商業とも満たしており、用途構成比の推定値と実績値の相関係数も十分高い。また、推定されたパラメータを用いて(8)式により計算された I_{ki}^* と実績値との相関係数は住宅、商業用途とも十分高く

表-1 用途・容積率同時決定モデルパラメータ推定結果

(7)式におけるパラメータ記号		推定値	t値
住宅用途	α_1	0.43359	1650
	$C0_1$	0.92782	251
	$C1_1$	1.33310	460
	β_1	0.01869	589
商業用途	α_2	0.38803	761
	$C0_2$	0.027695	736
	$C1_2$	9.89532	126
	β_2	0.16753	14
相関係数(用途構成比)		0.8074	
相関係数(住宅用途容積率)		0.8684	
相関係数(商業用途容積率)		0.7747	

このモデルは用途選択と容積率決定の状況を十分説明している。

4. 市街地変化モデルの再構成 既に作成した新市街地開発モデル、及び既存市街地更新モデルにこの用途・容積率同時決定モデルを連結させて市街地変化モデルを再構成した。その内容は図-1に示す。

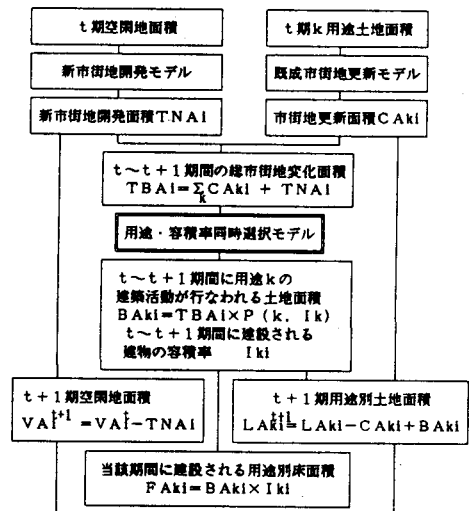


図-1 市街地変化モデルの全体構成

建設床面積の推定値に関しては、相関係数にして住宅用途で0.927、商業用途で0.840という比較的良好な結果を得ている。またこのモデルを用いて法定容積率の変更が建設活動及び交通流動に及ぼす影響に関するシミュレーション実験を行ったが、その詳細は講演時に発表することとする。

参考文献 1) 文・吉川・本田・亀井: 都市圏における市街地変化のモデル化に関する研究、土木計画学研究発表会講演集 vol. 10, pp299-305, 1987年10月