

# 既成市街地における敷地統合・建物更新を対象とした詳細シミュレーションシステムの構築\*

## A Microsimulation System for the Site Integration and the Building Development in an Urbanized Area\*

杉木直\*\*・宮本和明\*\*\*・村田泰洋\*\*\*\*

By Nao SUGIKI・Kazuaki MIYAMOTO・Yasuhiro MURATA

### 1. はじめに

人口増加の終焉と少子高齢化社会の到来に伴い、都市計画の中心課題は新市街地整備型から既成市街地再生型へと移行している。しかし、既成市街地においては、狭小な敷地や前面道路幅員による容積率上限のために十分な建物の高層利用が進んでおらず、良好な市街地形成のために土地利用規制や税政等の見直しが必要である。これらの政策を評価するためには、詳細な敷地レベルにおいて土地利用分析を行う必要があるが、従来の比較的大きなゾーンを対象とした均衡分析ではその表現は困難である。これらに対し、分析の詳細化が可能であるマイクロシミュレーションの土地利用分析への適用が、Waddell<sup>1)</sup>、Simmonds<sup>2)</sup>、Huntら<sup>3)</sup>により行われている。しかしこれらについても、分析単位に関しては小さいもので150mメッシュ程度に集計されており、また敷地形状の変化を取り扱うものではない。また、林ら<sup>4)5)</sup>は敷地統合を含めた敷地レベルへのマイクロシミュレーションの適用が試みているが、特定区域における統計的な統合確率を用いるにとどまっており、更なる研究の必要性がある。

そこで本研究では、地理情報システム(GIS)上で構築された敷地レベルの詳細データベースを用いて、敷地形状および建物更新に関する実証分析を行うとともに、これらの変化予測を可能とするモデルの構築を行う。また、構築されたモデルをGIS上に実装し、マイクロシミュレーションを用いて各種政策の土地利用変化に対する影響を検証する。

### 2. 分析用 GIS データベースの構築

本研究ではデータベースの構築・管理、分析、及

\*キーワード：土地利用，市街地整備，GIS，都市計画

\*\*正員(情報),群馬大学,助手,工学部建設工学科

(〒376-8515 群馬県桐生市天神町一丁目5番1号,

TEL0277-30-1652, FAX0277-30-1601,

E-mail:sugiki@ce.gunma-u.ac.jp)

\*\*\*フェロー,工博,東北大学,教授,東北アジア研究センター

\*\*\*\*中日本建設コンサルタント(株)

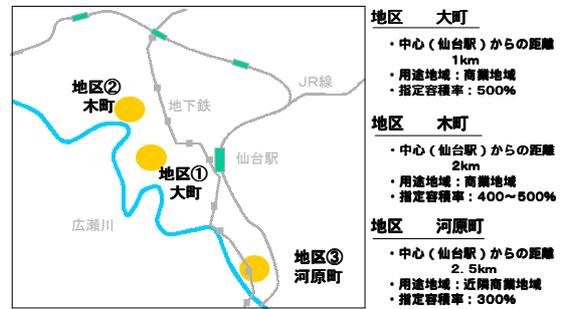


図1 対象地域の概要

表1 建物タイプの分類

データ取得	定義	建物タイプ
空家	居住者のいない建物	
戸建	個人の住宅	①低層住居
アパート	2階建て以下の低層共同住宅	
低層商業	2階建て以下の商業施設	
低層商住混合	2階建て以下の商業・住居混合施設	②低層商業
工場	工業施設	
マンション	3階建て以上の中高層共同住宅	
高層商住混合	3階建て以上の中高層商業・住居混合施設	③高層住居
高層商業	3階建て以上の商業施設	④高層商業
空地	具体的な土地利用のされていない土地	
駐車場	駐車場、ただし立体駐車場は除く	⑤空地
倉庫・車庫	倉庫ならびに車庫、その他	
公共	公共施設ならびに宗教施設	⑥公共

表2 取得土地条件

a) 敷地条件	・角地条件 ・幹線沿道条件 ・建物階数 ・接道条件 ・敷地面積 ・容積率
b) 利便性	・仙台駅までの距離 ・最寄りのバス停までの距離 ・最寄り駅までの距離 ・主要幹線道路までの距離
c) 周辺土地利用	・用途現況 ・構造現況

び結果検索には、GISソフト「SIS」(株インフォマティクス)を用いた。また敷地レベルの詳細敷地データベースは1994年度版の「Zmap-Town」および「住宅地図」(いずれも株ゼンリン)を用いて作成した。対象地域としては、宮城県仙台市の商業・住居・高層・低層の混合がみられる商業地域、近隣商業地域より、図1に示す3地区を選定し、地価ポイントから半径150m上にある、街区をサンプリングエリアとした。対象年次は1987年、1992年、1997年の計3年度である。建物タイプは表1に示す13分類でデータ取得を行い、これらを取りまとめた建物タイプ6種類を分析の際に用いる。また、詳細な土地条件としては、表2に示すものを収集し個々の敷地に対してデータ化を行った。これらのうち、容積率については指定容積率に対して、前面道路幅員による容積率の減少を考慮している。また、用途現況

および構造現況については、建物形状と階数情報より各サンプルの床面積のデータを取得し、それぞれ商業用途 / 住宅用途、非木造 / 木造の値を用いた。

### 3. 建物立地の詳細実証分析

#### (1) 土地利用の変化

図2は、地区ごとに各建物タイプの面積構成比、および区画総数の経年変化を示したものである。大町地区では、商業系の割合が高い。低層商業の割合が年々減少して商業施設の高層化が進み、それに伴う駐車場確保のために空き地が増加していることがわかる。木町地区では、住居系と商業系がほぼ同等に建っており、全体的な建物の高層化傾向と空地の増加が見られる。ここでは、街区内部の土地であるために容積率規制によって土地の高度利用ができずに駐車場となっているケースも見られる。河原町地区では全体的に低層系の割合が高く、低層商業が年々減少しているかわりに高層住居が増加している。また、全地区において敷地総数の減少がみられ、敷地の統合が進んでいることがわかる。特に木町地区ではその傾向が顕著である。

#### (2) 敷地形状の変化

表3に1987年から1997年までの期間について、敷地形状の変化があった敷地の面積および敷地数比率を示す。面積ベースで大町地区・河原町地区では約10%、木町地区で15%もの敷地において統合が起こっている。また敷地数比率が大町地区・木町地区では面積比率の2倍近くになっており、統合が比較的面積の狭い敷地において起こっていることがわかる。敷地分割は木町・河原町において各1件ずつとわずかであった。図3に統合敷地について統合前後における各建物タイプの面積比率を示す。各地区において統合後に空地が多くなっているが、駐車場を含めて遷移的な土地利用として存在しているものが多い。大町地区では、統合前は低層住居・低層商業・高層商業の割合が多く、統合後は高層商業が過半数を占めている。高層商業であっても敷地面積が小さいものは統合され、より高層の商業施設が立地しているのがこの地区の特徴であり、敷地の拡張による収益性の向上が最も顕著な地区である。木町地区では、統合においても地域全体の用途傾向は変化せず、土地の高度利用が統合の目的となっている。

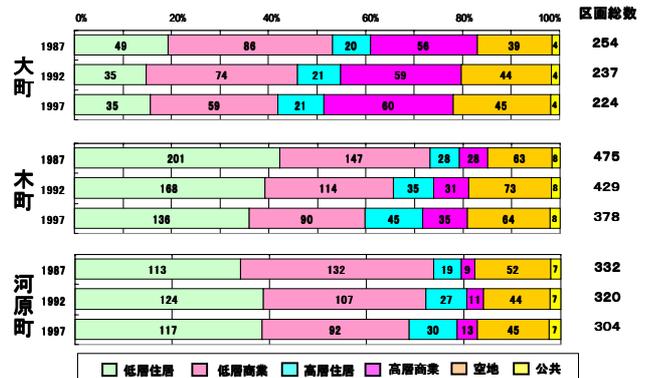


図2 建物タイプ構成比および区画数の経年変化

表3 統合敷地比率

	統合		分割			
	面積	敷地数	面積	敷地数	面積	敷地数
大町	10201.9	10.0%	50	19.7%	0.0	0.0%
木町	22651.0	15.3%	130	27.4%	673.7	0.5%
河原町	12996.6	13.5%	43	13.0%	291.2	0.3%

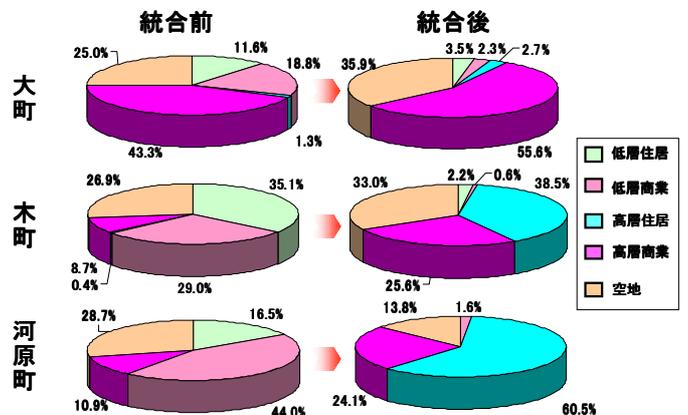


図3 統合の前後における建物タイプ構成の変化

河原町地区では、他の地区に比べて統合前の用途に低層商業が多く、また統合後は高層住居が多くなっている。この地区は住宅需要が高く、小規模な店舗が統合してマンションへと建て替わるケースが多く見られた。以上の統合事例の約半数においては、比較的広い道路に面している敷地と前面道路幅員により容積率が低く制限される街区内部の敷地が統合することにより、奥の敷地部分に関しても容積率が上昇し、土地全体の収益性が向上することが統合要因の1つとなっている。このような容積率の上昇を伴わない統合としては、道路に面している敷地同士による土地面積の拡大を目的とした統合などが見られた。以上より、敷地統合と容積率の増加や敷地面積の拡大による土地収益性の向上には密接な因果関係があることがわかる。

### 4. 詳細土地利用分析モデルの構築

#### (1) モデルの概要

本研究では詳細な敷地レベルでの土地利用変化

について、土地の高度利用可能性および敷地規模に関連する土地収益性の視点からこれら表現し、将来予測を可能とするモデルの構築を行う。モデルの概要を図4に示す。1期を5年とし、前期(T年)の敷地レベルの立地分布に対し隣接した区画が統合するか否かを表現する「敷地統合モデル」によって区画形状の変化を与え、続いて各区画の建物の建て替わりを表現する「建て替えモデル」によって現在の建物をそのまま維持するか、または各建物タイプに建て替えるかを決定し、次期(T+5年)の土地利用分布を求めるものである。尚、敷地分割については外生的に与えるものとする。

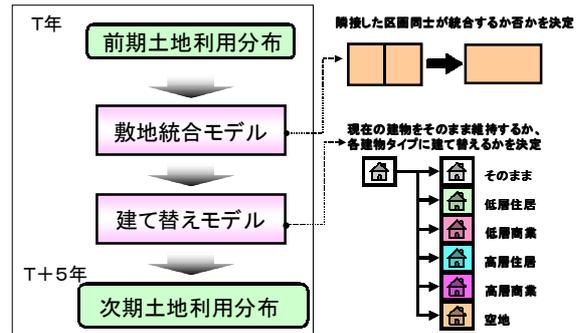


図4 モデルの概要

(2)敷地統合モデルの定式化

互いに隣接する敷地 A および B が統合する確率  $P_{AB}$  を敷地が統合する場合の効用  $V_{AB}^{togo}$  および統合しない場合の効用  $V_{AB}^{hitogo}$  に基づく2項ロジットモデルを用いて式(1)のように表わす。

$$P_{AB} = \frac{\exp V_{AB}^{togo}}{\exp V_{AB}^{togo} + \exp V_{AB}^{hitogo}} \quad (1)$$

ここで、統合および非統合に関する効用関数は、式(2)、式(3)で表される。

$$V_{AB}^{togo} = \alpha_1 \cdot V_{A+B} + \alpha_2 \cdot X_{AB}^{rel} + \alpha_3 \cdot X_{AB}^{sur} \quad (2)$$

$$V_{AB}^{hitogo} = \alpha_1 \cdot (V_A + V_B) \quad (3)$$

$V_i$  : 次期に敷地  $i$  において期待される立地効用

$X_{AB}^{rel}$  : 敷地 A, B 間の敷地条件

$X_{AB}^{sur}$  : 敷地 A, B の周辺敷地条件

$\alpha$  : パラメータ

各々の場合の効用は、次期に期待される立地効用によって規定されると仮定しており、敷地の統合に伴う高度利用可能性および敷地面積の増大に伴う効用の上昇を表現している。また、これらによって表現し得ない2敷地間の敷地条件および、周辺敷地の条件を考慮している。敷地において建物により次期に期待される立地効用は式(4)で表されるように、各建物タイプの立地効用  $V_{ik_Rk}$  のログサム期待値を用いる。立地効用  $V_{ik_Rk}$  については、次節で詳細を示す。

$$V_i = \log \sum \exp(V_{ik_Rk}) \quad (4)$$

$V_{ik_Rk}$  : 前期建物タイプ  $k_R$  である敷地  $i$  において次期に建物タイプ  $k$  により期待される立地効用

(3)建て替えモデルの定式化

各敷地において現在の建物をそのまま維持するか、または各建物タイプに建て替えるかをロジット

型の確率モデルを用いて表現する。前期の建物タイプが  $k_R$  である敷地  $i$  において、次期に建物タイプ  $k$  が選択される確率  $P_{ik_Rk}$  を式(5)で表す。

$$P_{ik_Rk} = \frac{\exp V_{ik_Rk}}{\sum_k \exp V_{ik_Rk'}} \quad (5)$$

$V_{ik_Rk}$  : 前期建物タイプ  $k_R$  の敷地  $i$  において次期に建物タイプ  $k$  により期待される立地効用

ここで、次期の建物立地効用  $V_{ik_Rk}$  は、式(6)、式(7)のように表される。

[前期の建物をそのまま維持する場合 ( $k_R = k$ )]

$$V_{ik_Rk} = \left( \sum \beta_k \cdot X_i \right) \times H_{k_R} \quad (6)$$

[前期の建物を建て替える場合 ( $k_R \neq k$ )]

$$V_{ik_Rk} = \left( \sum \beta_k \cdot X_i \right) \times H_k - \gamma \cdot C_{k_R} \quad (7)$$

$X_i$  : 敷地  $i$  における土地条件

$H_{k_R}$  : 前期に立地している建物  $k_R$  の高度利用

$H_k$  : 次期に立地する建物  $k$  の高度利用

$C_{k_R}$  : 前期に立地している建物  $k_R$  の除却抵抗

$\beta, \gamma$  : パラメータ

建物による立地効用は、土地条件によって定められる各建物タイプの単位床あたりの収益性  $\beta_k X_i$  に対して、建物タイプによって異なる高度利用を考慮する事により定めている。また、建て替えが行われる場合については、前期の建物  $k_R$  を除却する事に対する抵抗を考慮している。高度利用に関しては、前期については建物階数を、次期についてはデータより算出した標準的な建物高さを外生的に与える。

5. パラメータ推定

(1)パラメータ推定手法

パラメータ推定は、敷地統合モデルの効用関数に各建物タイプの期待効用が含まれるため、まず建て替えモデルについて行い、続いて敷地統合モデルについて実行する。対象3地区における1987年

1992年、1992年 1997年の2期より、建て替えモデルに対しては1854サンプル、敷地統合モデルに対しては3530サンプルを取得した。

(2)パラメータ推定結果

建て替えモデルのパラメータ推定結果を表4に示す。パラメータt値、尤度比共に妥当な値が得られている。また正負条件においても、妥当な結果を得ている。敷地統合モデルのパラメータ推定結果を表5に示す。ここでは敷地間条件としては空地条件と面積差を、周辺敷地条件としては統合敷地数を用いた。こちら各値において同様に妥当な結果が得られており、今期の敷地価値が高いほど敷地統合する等の傾向が得られている。

(3)的中率の検証

建て替えモデルおよび敷地統合モデルのサンプル的中率を図5に示す。建て替えモデルについては、建て替えの有無別に次期の建物タイプを基準としたものを示している。建て替えなしの場合、高層系はほぼ実績通りの結果となり、低層系では半数程度が的中した。建て替えありの場合についても、高層系、低層系共に30~40%程度は的中している。しかし、空地についてはいずれの場合も中率が低くなっており、低層系の建物に建て替わると予測されるケースが多かった。これらは、潜在的な土地利用が表面化しているものと考えられ、遷移的な土地利用としての空地等の表現が今後の課題である。敷地統合モデルについては、全体で90%以上、統合ありについては約半数が的中した。周辺の敷地統合項により大規模な敷地統合についてはある程度表現されている。しかし、小規模なものについては、敷地の統合する確率をある程度までは予測可能であるものの、個別の場所を特定するまでには至っていない。

6. マイクロシミュレーションシステムの構築に向けて

図6に一部の地区に対して行った再現性シミュレーションの結果を示す。これは1987年の実績分布に対して敷地統合及び建て替えに関する敷地レベルのマイクロシミュレーションを行ったものである。シミュレーション結果は実績分布に対して大まかにその傾向を捉えている。今後は、これらの手法の改良を行うとともに、総合的なマイクロシミュレーションモデルの構築に取り組んでゆく予定である。

表4 建て替えモデルパラメータ推定結果

	パラメータ (t値)				尤度比: R <sup>2</sup> = 0.41
	低層住居	低層商業	高層住居	高層商業	
定数項	9.44 (3.88)	14.95 (11.53)	0.62 (0.13)	6.14 (2.05)	
角地	-0.78 (-2.75)				-0.45 (-1.92)
接道条件		1.78 (7.03)	0.92 (4.28)	3.73 (1.63)	
幹線沿道	-0.37 (-1.98)			0.37 (2.94)	
敷地面積	-7.61 (-12.41)	-6.78 (-12.47)	-0.90 (-3.73)	-1.28 (-4.59)	-6.46 (-9.90)
容積率	-0.42 (-6.15)	-0.46 (-4.93)			
仙台駅距離	2.68 (3.81)			-2.72 (-4.57)	4.10 (9.07)
最寄り駅距離					0.14 (1.16)
幹線道路距離		0.18 (1.40)			
用途現況			-5.10 (-0.77)		0.01 (1.43)
構造現況	-2.52 (-1.84)	-0.98 (-2.03)			
統合			0.79 (5.52)	1.20 (6.28)	1.01 (2.73)
建て替え抵抗			14.94 (10.74)	14.94 (10.74)	

表5 敷地統合モデルパラメータ推定結果

	パラメータ (t値)		尤度比: R <sup>2</sup> = 0.81
	LOGSUM敷地価値 α1	統合前に両方が空地 α2	
敷地面積差 α3	0.10 (5.39)	-1.07 (-4.27)	
周辺の統合敷地数 α4	-0.76 (-21.77)	1.27 (17.19)	

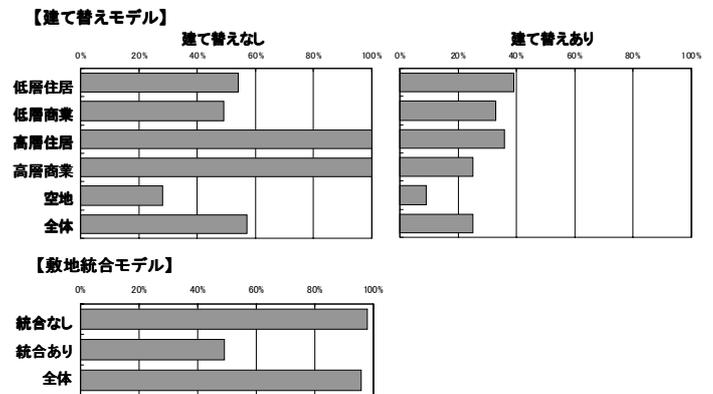


図5 モデル的中率

シミュレーション結果:1987→1997

実績分布:1997

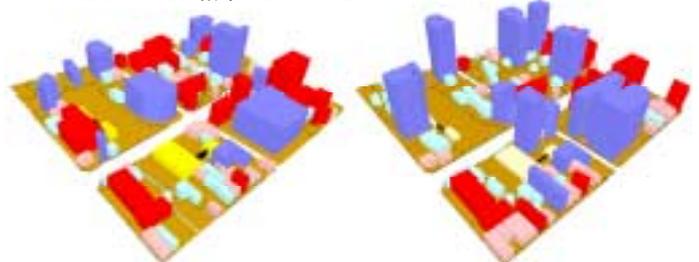


図6 再現性シミュレーション

【参考文献】

- 1)Waddell, P.A. : UrbanSim, Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning, the Journal of the American Planning Association, 2001.
- 2)Simmonds, D : The design of the DELTA land-use modelling package, Environment and Planning B, Vol.26, No.5, pp.665-684, 1999.
- 3)Hunt, J D et.al. : Design of a statewide land use transport interaction model for Oregon, 9th World Conference of Transport Research, CD-ROM, 2001.
- 4)ハンマードアミン・富田安夫・林良嗣 : G I Sを用いた都市空間利用のためのマイクロシミュレーションシステム, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.359-363, 1999.
- 5)林良嗣, 加藤博和, 杉原健一, 田中祥晃, 吉岡美保 : 不動産税制による既存市街地の敷地統合促進に関するモデル分析と可視的評価システム, 土木計画学研究・講演集, No.23(2), pp.475-478, 2000.