

詳細土地利用モデルにおけるパラメータ推定*

Parameter Estimation of Detailed Land-Use Model

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

従来の土地利用モデルにおいては、その集計単位が、小さいものでも 1 km^2 グリッド程度のようなゾーンによる分析であったため、我が国の都市のように土地条件が細かく複雑で多様な土地利用状況においては、現実の土地利用と十分な対応がとれず、交通プロジェクトの街区単位での効果の計測や環境への影響評価などにおいては有効的ではなかった。以上の背景の基に、筆者らは地理情報システム(GIS)の詳細な土地地区画情報に基づいた即地的土地利用モデルの構築を提案してきている¹⁾。本研究の目的は、街区レベルの詳細な分析単位による土地利用分析モデルの具体的な定式化及びパラメータ推定アルゴリズムを確立し、さらに、仙台都市圏において実際にパラメータ推定を実行することによって、有効な説明変数の選択、サンプリング方針の検討を行った上で、パラメータ推定方法の妥当性の検証を行い、モデルの有効性を確認することである。

2. モデルの概要

本研究において提唱する土地利用モデルは、「ゾーンモデル」と「街区モデル」で構成される2段階の配分モデルである。「ゾーンモデル」は、都市経

*キーワード：土地利用，GIS

**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
(TEL022-217-7478, FAX022-217-7477,
E-mail:tanigo@plan.civil.tohoku.ac.jp)

****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

(TEL022-217-7476, FAX022-217-7477,
E-mail:uchida@plan.civil.tohoku.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
(TEL022-217-7475, FAX022-217-7477,
E-mail:miyamoto@plan.civil.tohoku.ac.jp)

済原則に基づいた配分を行う既存のモデルであり、新規交通プロジェクトや、土地利用規制の変更による変化を予測分析し、人口や従業員などの都市活動量を大きな集計単位であるゾーンに配分するものである。「街区モデル」は、土地条件が同一であると見なされる筆 l の集合を土地地区画 k として取り扱い、ゾーンモデルによりゾーンへ配分された都市活動量を、物理量である建物に変換し、詳細な土地条件を考慮した上で統計的に各ゾーン内の土地地区画レベルに再配分するものであり、ゾーンモデルによるゾーンへの都市活動量配分の妥当性を検討する機能も有する。

街区モデルの配分は、個々の「筆」(土地地区画)における各建物の付け値分析による立地確率に基づいた配分である。付け値関数は、前期における建物タイプを考慮し、変更があったものに関しては、建設に要する費用を考慮する。前期に立地している建物タイプを i' 、詳細な土地条件を X_l 、パラメータベクトルを a_i として筆 l における建物タイプ i の付け値 b_{il} は式(1)のように表現される。

$$b_{il} = (a_i X_l - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}) \quad (1)$$

h_i^c : 新規の建物の単位床当たり建設費用

$V(LP_{il})$: 実容積関数

$$\delta(i, i') = \begin{cases} 0 & : i = i' \\ 1 & : i \neq i' \end{cases}$$

ここで、 $V(LP_{il})$ は、建物の高度利用を表す実容積関数であり、実容積は地価と相関が高いため、地価 LP_{il} の関数として表現する。

3. パラメータ推定

パラメータ推定はGISの詳細情報より筆 l のサンプリングを行い、収束計算を用いた最尤推定法によって行う。

繰り返し回数を k として、まず各サンプルの実容積関数に用いる地価 LP_{il}^k ($k=1$) を、GIS データベースのよって入手される最近傍の地価公示点の地価 LP_l^* によって初期化する。

$$LP_{il}^k = LP_l^* \quad (2)$$

各サンプルに対する付け値関数が式(3)で与えられ、

$$b_{il} = (a_i X_i - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}^k) \quad (3)$$

ロジットモデルを用いて配分関数は式(4)のように表される。

$$P_{il} = \frac{\exp \mu b_{il}}{\sum_j \exp \mu b_{jl}} \quad (4)$$

式(5)の対数尤度関数の同時確率最大化により、パラメータ $\mu a_i, \mu h_i^c$ が推定される。

$$\ln P = \sum_i \sum_j \ln p_{ij} \delta(i, i') \rightarrow \max \quad (5)$$

$$\delta(i, i') = \begin{cases} 1: i = i' \\ 0: i \neq i' \end{cases}$$

次に、地価公示地点をサンプルとして取得し、推定されたパラメータを用いて各サンプル地価ポイントの付け値を計算し、これにより(付け値-地価)関

数を推定する。

$$LP_{sm}^* = \alpha_k (\mu b_{sm}) + \beta_k \quad (6)$$

(付け値-地価)関数のパラメータの収束を式(7)を用いて判定し、

$$\begin{aligned} |\alpha_k - \alpha_{k-1}| / \alpha_k &< 1\% \\ |\beta_k - \beta_{k-1}| / \beta_k &< 1\% \end{aligned} \quad (7)$$

収束していない場合には、式(8)より各筆サンプルに対し、各建物タイプの付け値を計算し、

$$\mu b_{il} = (a_i X_i - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}^k) \quad (8)$$

式(9)より、最大のものを(付け値-地価関数)を用いて地価に換算し、

$$LP_{il}^{k+1} = \max_i (\alpha_k (\mu b_{il}) + \beta_k) \quad (9)$$

今回の繰り返し計算における実容積関数に用いる。収束した場合にはその際に求められているモデルパラメータを採用する。パラメータ推定アルゴリズムの概要を図1に示す。

表1 建物タイプおよびその定義

建物タイプ	定義
①空き地	具体的な利用のされていない土地
②戸建住宅	1戸建て住宅
③アパート	3階以下の低層住宅
④マンション	4階以上の中高層住宅
⑤低層商業	4階以下の低層建物
⑥中・高層商業	5階以上の中高層建物
⑦郊外型商業	敷地の2/3以上を駐車場が占める商業施設
⑧駐車場	有料駐車施設

表2 建物タイプ別サンプル数

建物タイプ	H2年	H7年
空き地	198	22
戸建住宅	620	590
アパート	101	135
マンション	74	105
低層商業	599	614
中高層商業	59	98
郊外型商業	32	46
駐車場	249	322
合計	1932	

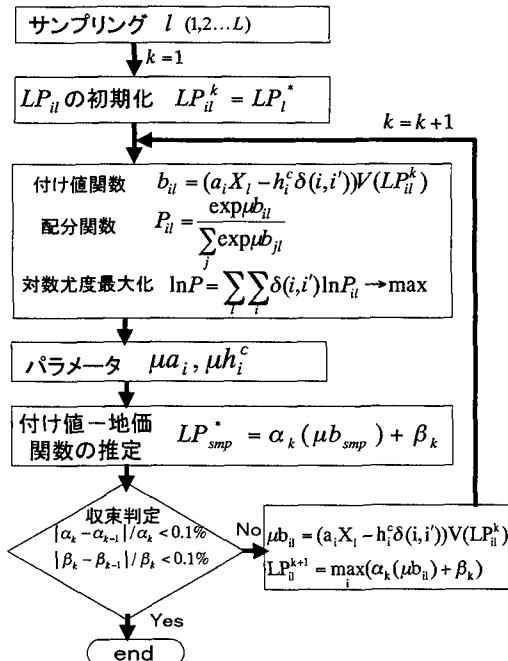


図1 パラメータ推定アルゴリズム

4. 仙台都市圏における適用

本研究では、仙台都市圏を対象地域としてパラメータ推定アルゴリズムを用いたパラメータ推定の実行とモデル再現性の検討を行った。今後、仙台都市圏全域に適用するに際してのサンプリング方針としては、①都心までのアクセスにかかる時間②用途地域の2要因によって層別標本抽出法を用いるものとした。今回は有効な説明変数の選択、およびパラメータ推定アルゴリズムの妥当性の検討を行うという点から、建て替わりの多い商業地区でありかつ都心に20分以内でアクセスできる地区として、都心部と郊外からそれぞれ1地区を対象地区として選定した。

地価ポイントから半径500m内の地域をサンプリングエリアとして、まずH7年におけるサンプリングエリア内の土地利用について、建物タイプと、土地条件（土地属性）を、GISの詳細データより加工し入手した。建物タイプの種類およびその定義を表1に示す。また、土地条件としては、以下の7種類についてデータ化した。

- 角地か否か
- 接道条件（表の筆か否か）
- 沿道条件（主要な道路に面しているか）
- 主要な道路までの距離
- バス停までの距離
- 規制容積率（用途規制）
- 地積

サンプルのうち付け値競争に参加しないと思われる建物タイプ（寺、神社、畑、役所など）については分析の対象から除き1932サンプルを得た。建て替わりについてはH2年度のデータとの比較により判定している。H2年度及びH7年度の各建物タイプ毎のサンプル数を表2に示す。

以上のデータを基に、図1に示すアルゴリズムによりパラメータ推定を行った。ここで、実容積関数としては、①建物なし（空き地、駐車場）、②低度利用系（戸建住宅、アパート、低層商業）、③高度利用系（マンション、中高層商業）の3種類を用いた。付け値－地価関数推定に用いるサンプル地価公示地点としては、サンプリングエリアの近傍より12地価ポイントを選定した。また、（付け値－地価）関数推定の際に、郊外及び都心の2地区におけ

る空地地価の差異を表現するために、都心部のサンプル地価公示ポイントデータに関してはダミー変数を設けている。

5. 結果と考察

（付け値－地価）関数の推定結果を表3に示す。12カ所の地価ポイントサンプル地点データに対して、収束計算5回で付け値－地価関数は収束し、その際の決定係数は0.48であった。また、モデルパラメータ自体も収束している。また、（付け値－地価）関数に関するパラメータの収束状況を図2に示す。これより、繰り返し計算によりパラメータが安定化し収束していくことがわかる。これらにより、本研究のパラメータ推定アルゴリズムの妥当性が確認された。また、パラメータ推定結果を表4に示す。尤度比0.71であり、各建物タイプの説明変数に対するパラメータの推定値は妥当なものが得られており、ロジットモデルによる付け値分析の有効性が示されている。郊外型商業の建設費について、 t 値が0になっており正常な推定がされていないが、これに対しては、サンプリング及び説明変数選択の見直しが必要であると考えられる。次に、モデル的中率を表5に示す。全体で87%、良好なものでは98%とモデルの説明力の高さが示されている。しかし、表6に示すように、建て替わったもののみに対する的中率においては、全体でも28%と低く、今後は、戸建て住宅、マンション等についても、サンプリング及び説明変数選択に関して若干の改善が必要であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、ロジットモデルによる付け値分析の有効性およびパラメータ推定アルゴリズムの妥当性について確認を行った。今後は、説明変数及び、建物タイプの分類の見直しを行い、モデルの説明力の向上を図る。また、今回行った都心部と郊外の組み合わせにおける分析を、仙台都市圏全域に拡張してゆくに際して、現在の層別標本抽出法によるサンプリング方針が妥当であるかという点について検討し、本研究のパラメータ推定アルゴリズムの適用可能性について確認を行う。さらに、仙台都市圏において推定されたモデルパラメータを用いて、具体的なブ

プロジェクトに対して「ゾーンモデル」により配分された都市活動量を基に、「街区モデル」の適用を行い、パフォーマンスの検討、上位モデル妥当性の検討、環境評価等を行っていく予定である。これらについては、発表時に報告する予定である。

<参考文献>

1) 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.

表3 (付け値—地価) 関数推定値

推定結果	$L P=0.90 b+18.27$ (都心地区ダミー=42.76)
決定係数	0.48

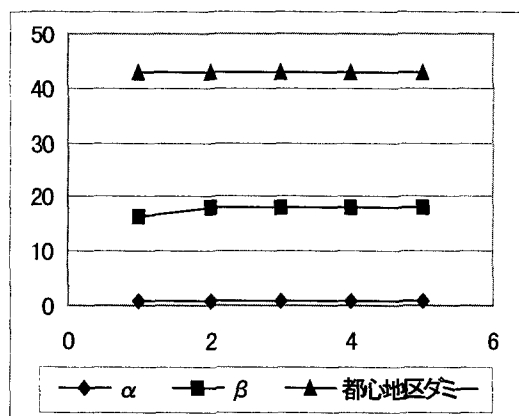


図2 (付け値—地価) 関数パラメータ収束状況

表4 パラメータ推定結果 (t 値)

		戸建住宅	アパート	マン ション	低層 商業	中高層 商業	郊外型 商業	駐車場
土地条件	角地 ダミー	-0.016 (-1.81)	-0.032 (-3.18)	-0.009 (-0.92)		0.012 (1.88)	0.015 (1.01)	-0.646 (-2.35)
	接道条件 ダミー	0.016 (1.44)	0.027 (2.23)	0.059 (2.67)	0.035 (2.85)	0.089 (2.00)		1.120 (2.45)
	幹線沿道 ダミー	-0.032 (-1.94)	-0.051 (-1.95)	-0.040 (-2.15)	-0.008 (-0.54)	-0.012 (-1.00)	0.049 (2.58)	-0.795 (-1.26)
	規制容積率	-0.003 (-0.62)	-0.016 (-3.03)		-0.006 (-1.58)	0.019 (4.45)		0.506 (2.83)
	幹線道路までの 距離		-0.020 (-1.28)	-0.030 (-1.90)				
	バス停までの 距離	-0.012 (-0.96)			-0.012 (-0.98)	-0.017 (-1.24)		-0.443 (-0.90)
	地積	-0.025 (-3.74)	-0.018 (-2.54)	0.026 (3.14)	-0.017 (-2.73)	0.013 (2.07)	0.025 (1.91)	0.453 (1.52)
建設費		0.097 (24.86)	0.097 (24.86)	0.125 (5.75)	0.097 (24.86)	0.125 (5.75)	0.728 (0)	2.404 (10.10)
定数項		0.190 (5.03)	0.234 (4.85)	0.066 (1.54)	0.179 (5.00)	-0.021 (-0.37)	0.606 (13.76)	1.503 (0.97)
尤度比		0.71						

表5 モデル的中率 (全体)

	実選択	的中数	的中率 (%)
空き地	22	0	0
戸建住宅	590	576	98
アパート	135	97	72
マンション	105	74	70
低層商業	614	560	91
中高層商業	98	63	64
郊外型商業	46	36	78
駐車場	322	273	85
合計	1932	1676	87

表6 モデル的中率 (建て代わりのみ)

	実選択	的中数	的中率 (%)
空き地	7	0	0
戸建住宅	14	0	0
アパート	42	5	12
マンション	32	1	3
低層商業	68	20	29
中高層商業	40	5	13
郊外型商業	14	4	28
駐車場	109	55	50
合計	326	90	28