

18. 観測地価と詳細地理情報に基づく土地利用モデル

Land-use Model based on Observed Land Price and Detailed Geographical Data

奥村 誠^{*}・シャームिम マハブール ハック^{**}
Makoto Okumura and Shamim Mahabubul HAQUE

In line with the private oriented economic vitarization, local government is expected to take more flexible land use leading measure such as district based taxation and subsidy, adding to the present rigid land-use regulation measures. This paper aims to build a land-use model being able to estimate the effect of such monetary measures. Based on observed land price data, bid rent functions of several types of land-users in monetary term are estimated, those are embedded into a logit type random bid rent model. The proposed model, when estimated with geographical data for the 100m grids in Higashi-Hiroshima City, shows good reproductivity of land-use as well as land price. Simulation analysis using the model shows the influence of land-use taxation.

Keywords : Land-use model, bid rent, land price, GIS

土地利用モデル、付け値、地価、地理情報システム

1. はじめに

市場を重視して民間活力を導入し、行政のスリム化を図るという流れの中で、都市の土地利用施策においても、行政による画一的、固定的な用途規制に頼るのではなく、むしろ特定地域の開発行為への課税や補助金による、市場メカニズムを利用したきめ細かなコントロールが求められるようになってきた。

本研究は、土地税制などの金銭的な政策や土地利用規制が都市域の土地利用に及ぼす効果を把握できるモデルを構築する。100mメッシュという詳細なゾーンを対象に地理情報システムを用いて土地利用の実績データと土地条件に関するデータを用意し、立地者間の競争関係を表現できるランダム付け値モデルを作成する。その際、路線価の観測値を用いて、金銭単位で付け値関数を推定することにより、課税等の金銭的な政策を簡単に取り込み得る土地利用モデルの構築をめざす。

東広島市への適用の結果、土地条件から現況土地利用を説明するランダム付け値モデルを推定した後に、その結果を用いて路線価を回帰するという段階的な推定方法では、説明力のあるモデルは得られない。しかし、現況土地利用と観測路線価を同時に説明するように尤度関数を設定して推定することにより、当てはまりが良く論理的にも矛盾のないモデルが作成できることがわかった。さらに、このモデルを用いたシミュレーションにより、土地利用規制や金銭的な土地利用誘導策の影響が予測できた。

以下、2.で、関連する先行研究と本研究の特徴を述べる。3.では使用データの概要を示す。4.ではランダム付

け値モデルの段階推定の問題点を示し、地価と土地利用データを同時に用いた推定方法の結果を示す。5.は推定されたモデルを用いたシミュレーション分析の例である。6.は結論であり、今後の課題を述べる。

2. 関連する先行研究と本研究の特徴

(1) ランダム付け値モデル

土地条件やインフラの整備水準を説明変数とする統計的な回帰式を用いて土地利用を説明するモデルでは、土地税制などの経済主体に働きかける政策の影響を安定的に取り込むことは困難であり、経済主体の行動に立脚した土地利用モデルの開発が必要となった。

1980年代に交通需要予測の分野では、McFaddenらが開発したランダム効用モデルの応用が進められた。しかし、数多く存在する立地可能場所という選択肢を、立地者が一度に比較しているとは考えにくい。ランダム効用モデルを立地選択に単純に当てはめることには無理がある。またすべての立地者が類似の効用関数を持っているならば、きわめて限られた地域が選択される結果となるが、現実には種類の土地利用がいろいろな場所に立地しているという事実がうまく説明できない。

そこで見方を変え、それぞれの土地(ロット)における立地競争に着目した付け値競争モデルが開発されるようになった。すなわち「ある土地に対して用途の異なる立地主体が互いに異なる付け値を付け、より多くの利潤を期待する土地所有者は最大付け値を付けた立地主体(の用途)を立地させる」という考え方をを用いる。ここで「付け値」とは、立地主体がその土地を使った時に得られる

^{*} 正会員 広島大学大学院工学研究科 (Hiroshima Univ.)

^{**} 外国人会員 広島大学大学院工学研究科 (Hiroshima Univ.)

収入や生活上の効用を勘案し、その土地に付ける支払い意思額である。

その際、各立地主体が提示する付け値は、彼らが入手できる土地条件や将来の経済動向に関する情報が不完全であることから、本来取るべき値（確定項）を中心に確率的に変動すると考えることにより、ランダム効用モデルと同様の形式を持つランダム付け値モデルが開発された¹⁾。ロット n において立地可能な立地主体の集合 J_n の中の j 用途の立地者が表明する付け値 U_{nj} は、観測可能なロット n の属性等から確定的に推定される付け値 V_{nj} と、確率的な変動成分である ε_{nj} の和となる。

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (1)$$

このロット n が立地主体 j に販売（賃借）され、用途 j が実現する確率 $P_n(j)$ は以下のように定義される。

$$P_n(j) = \text{Prob}(U_{nj} > U_{ni}, \forall (i \in J_n, i \neq j)) \quad (2)$$

ここで確率項 ε_{nj} が相互に独立で同一のガンベル分布に従うと仮定すればロジット型のランダム付け値モデルが得られる。

$$P_n(j) = \frac{\exp(V_{nj})}{\sum_{i \in J_n} \exp(V_{ni})} \quad (3)$$

付け値の確定項 V_{nj} は、立地主体 j のロット n の評価を表している。

宮本らは、ランダム付け値モデルの札幌等の都市圏への適用を行っているが¹⁾、1980年代においては各ロットの土地条件のデータを入手し整理することが極めて困難で高価であったことから、実用化は進まなかった。

(2) 詳細地理情報を用いた土地利用モデル

1990年代のリモートセンシング技術の発展により土地被覆分類が容易に行えるようになり、その変化を確率的な推移過程と捉えて分析する研究が進展した。その応用として、都市内の緑地や農地の残存率を推定するモデルが数多く作成されている²⁾。

これらの統計モデルの説明変数としては、リモートセンシングより得られる隣接地域の土地被覆や、手作業で入力できる駅などの施設からの直線距離といった情報に限られていたが、地理情報システムの性能向上と低価格化が進み、国土地理院から1:2,500レベルの国土情報基盤データが公開されたことにより、各種の公共施設の利用可能性や標高、道路ネットワーク上でのアクセス条件などの複雑な変数を生成できるようになった³⁾。

詳細な土地利用データと社会的経済的な土地条件データが整備されるにつれて、単なる統計的な当てはめではなく、立地者の評価構造に立脚したモデルを開発しようとする動きが再び見られるようになってきた⁴⁾。さらに小

ロットの土地利用を説明するために、立地者や土地所有者の多様性を考慮する研究も進展している⁵⁾。

(3) 地価関数の推定に関する既存研究

もし土地市場が競争的であれば、地価はそのロットに対して最大の付け値を提示した立地主体の付け値に等しくなり、そのロットに立地することによる便益は地価に転化して地主に帰着する。この仮定に基づき、地価関数を推計して環境やインフラの金銭評価を行うヘドニック法が提案され、公園等の費用便益分析に用いられるようになった⁶⁾。1990年代後半の詳細な土地条件データの整備を受けて、地価関数の推定精度を向上させようとする研究が継続的に行われている⁷⁾。

(4) 本研究の特徴

本研究はランダム付け値理論に基づくロジット型の土地利用モデルに着目し、その付け値関数の推定方法を提案する。これまでの研究では、土地利用モデルの推定には土地利用分類のみが、付け値（地価）関数の推定には地価の情報のみが使用されてきた。本研究ではこの両者を同時に用いることによって、より精度の高い付け値関数の推定を行うところに特徴がある。これにより、既存の土地利用モデルと地価関数の推計精度を高めるとともに、付け値関数が金銭単位で計測されることを保証し、土地税制などの金銭的な土地利用誘導政策の影響を容易に取り込めるモデルが提案できる。

3. 利用データの概要

(1) 土地利用データの作成

本研究では東広島市域の100mメッシュ（緯度3秒、経度4.5秒で区画される1/10細分メッシュ）を単位に分析を行う。市域には27,851個の100mメッシュが存在する。

1990年と2000年について、航空写真から駐車場を含め建物用地が過半数を占める建物メッシュと、それ以外のメッシュ（空地・農地・山林・内水面・道路など。以下では「空地」と呼ぶ）を判別した。さらに住宅地図を用いて、建物メッシュにおいて最大の面積を占める用途により、集合住宅、戸建住宅（以下「住宅用途」）、工場（以下「工場用途」）、大型商店、店舗、事務所（以下「商業用途」）、および公共建物（以下「公共用途」）に分類した。

以上の結果得られた2000年の実測用途分布図を図-1に示す。なお国土地理院作成の50mメッシュ標高データと照合した結果、標高260m以上のメッシュはほとんど空地で占められていたことから、以下の分析からは除くこととする。

(2) 土地条件データ

GIS(ArcView3.2)上で各メッシュの周囲に500m半径のバッファを生成し、その中の1990年の実測用途の分布

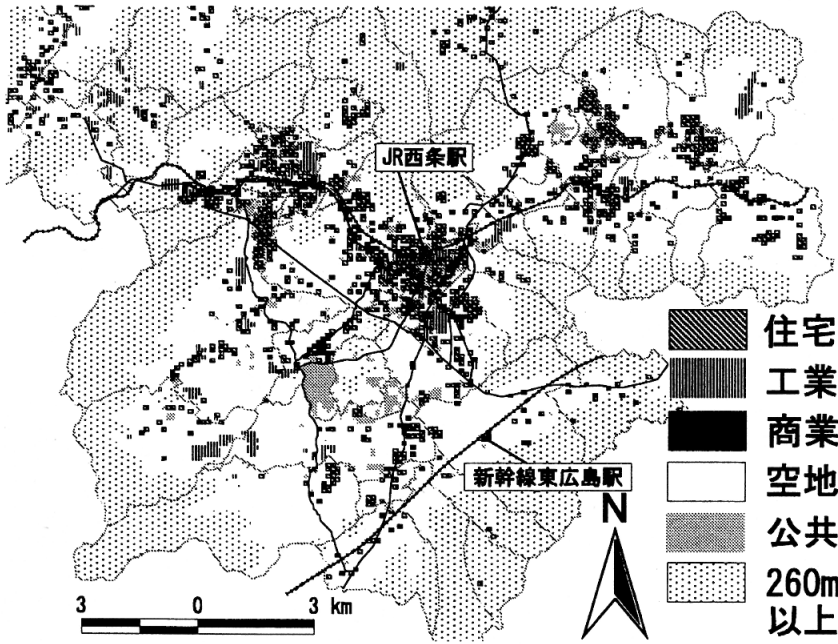


図-1 2000年の実績用途分布

数を計算して、周辺の利便性を表わす変数を作成した。この変数の作成を容易にするため、本研究では100mメッシュ内の用途は単一と仮定している。

国土地理院1:2,500数値地図から得られる国道および主要地方道、JR在来線駅、内水面の位置情報を2000年の航空写真により修正を加えた上で、各100mメッシュの中心点からこれらの地物までの距離を求め、「最寄駅までの距離の逆数」、「主要道路までの距離の逆数」、内水面を含むまたは隣接することを表現する「内水面ダミー」の変数値を作成した。

現行の用途規制である1996年の東広島都市計画図をデジタル化し、市街化区域を表わすダミー変数を作成した。また、指定用途地域ごとのポリゴンデータを作成した上で、各メッシュにおいて、住宅、商業、工業がそれぞれ立地可能であることを表わすダミー変数を作成した。

その他の土地条件として災害の危険度を表わす変数を作成した。2000年に東広島市が作成した防災マップから、土石流危険渓流、急傾斜地崩壊危険箇所、山腹崩壊危険地区のポリゴンデータを作成し、各メッシュがこれらの地域を含むまたは隣接することを表わすダミー変数を用意した。

(3) 地価データ

2000年の路線価図を用い、観測路線が含まれているメッシュに路線価のデータを与えた。対象はJR西条駅の南側の市街地に位置する311のメッシュである。

4. 土地利用モデルの推定

(1) 土地利用モデルに基づく推定付け値と地価

2000年のメッシュ*n*の実現用途を表わすダミー変数 δ_{ni} を用いると、2000年の土地利用に対応する対数尤度関数は以下のように定義できる。

$$L = \sum_n \sum_i \delta_{ni} \ln P_n(i) \quad (4)$$

式(3)のロジットモデルを仮定して、式(4)を最大にする付け値関数 V_{ni} のパラメータ値を推定する。

ここでは「公共」用途は、他の用途との競争により立地場所が決定しているわけではないので、モデルの対象とせず、「住宅」、「工業」、「商業」、「空地」の4用途間の立地競争を考える。まず、標高260m未満の全メッシュを用いて推定すると、用途不変のサンプルの影響が卓越し、定数項以外の変数が有意にならなかった。そこで、1990年の空地のうち用途変更されたメッシュが半数を占めるように、2000年においても「空地」であるメッシュから9,192をランダムに選んで消去した。残る3,068のメッシュをサンプルと考えて、以下のパラメータ推定に用いた。

付け値関数のパラメータ推定結果を表-1の左側に示す。土地利用の当てはまりを表現する尤度比は0.59、的中率は67.0%であり、再現力があるロジットモデルが得られている。

ついで、ランダム付け値モデルの推定結果から各地点ごとに最大付け値の予測値を求め、その値と実測路線価

表-1 ランダム付け値モデルの推定結果

用 説明変数 途 (D はダミー変数)	土地利用で推定		地価も用いた推定	
	推定値	t値	推定値	t値
最寄駅距離逆数	-980.1	-3.3**	-905.3	-3.1**
工 主要道路距離逆数	-4.76	-1.3	-3.88	-1.2
500m 内公共敷	0.04	0.8	2.28	8.3
業 500m 内商業敷	0.11	3.0**	2.82	19.9**
500m 内住宅敷	-0.02	-0.6	0.36	2.8**
用 500m 内工業敷	0.18	8.1**	-1.29	-10.1**
内水面に隣接 D	-0.06	-0.3	-0.02	-0.1
途 災害危険地域 D	-0.30	-0.7	-0.19	-0.5
工業立地可能 D	3.31	11.4**	2.76	9.5**
90 年に工業以外 D	-3.77	-12.9**	-3.28	-11.8**
定数項	1.62	4.6**	1.01	3.0**
最寄駅距離逆数	163.2	1.8	242.1	2.5*
住 主要道路距離逆数	-0.33	-0.6	0.12	0.3
500m 内公共敷	-0.02	-0.8	2.24	8.2**
宅 500m 内商業敷	0.04	1.9	2.77	19.8**
500m 内住宅敷	0.07	4.9**	0.46	3.7**
用 500m 内工業敷	0.02	0.8	-1.44	-11.3**
内水面に隣接 D	-0.04	0.4	-0.01	-0.1
途 災害危険地域 D	0.53	3.0**	0.55	3.1**
住宅立地可能 D	1.59	13.7**	0.97	6.0**
90 年に住宅以外 D	-2.01	-11.2**	-1.10	-5.5**
定数項	1.18	6.1**	0.20	0.9
最寄駅距離逆数	315.3	3.1**	391.3	3.6**
商 主要道路距離逆数	0.04	0.1	0.35	0.7
500m 内公共敷	0.04	1.2	2.28	8.3**
業 500m 内商業敷	0.01	0.3	2.76	19.7**
500m 内住宅敷	0.07	3.9**	0.45	3.6**
用 500m 内工業敷	0.10	4.7**	-1.38	-10.8**
内水面に隣接 D	0.17	1.1	0.21	1.4
途 災害危険地域 D	-0.30	-0.9	-0.23	-0.6
商業立地可能 D	2.60	12.7**	2.26	10.7**
90 年に商業以外 D	-2.04	-7.7**	-1.97	-7.7**
定数項	-0.43	-1.5	-0.63	-2.2*
500m 内公共敷	-	-	2.28	8.3**
空 500m 内商業敷	-	-	2.76	19.6**
地 500m 内住宅敷	-	-	0.40	3.2**
用 500m 内工業敷	-	-	-1.46	-11.4**
途 市街化区域内 D	-	-	-0.93	-4.8**
90 年に空地以外 D	-	-	-1.59	-6.1**
分散の逆数	-	-	0.00	38.7**
地 西条駅周辺地域 D	-	-	59.69	17.6**
偏 西条昭和町地域 D	-	-	81.55	26.2**
開 土与丸地域 D	-	-	79.91	25.2**
敷 西条中央地域 D	-	-	91.27	70.1**
寺家地域 D	-	-	88.07	36.4**
御曹宇地域 D	-	-	53.80	24.2**
初期尤度	-4253	-	-30014	-
最終尤度	-2611	-	-15069	-
尤度比	0.59	-	0.50	-
的中率	67.0%	-	67.1%	-
サンプル数	3068	-	3068	-

*:5%有意,**:1%有意

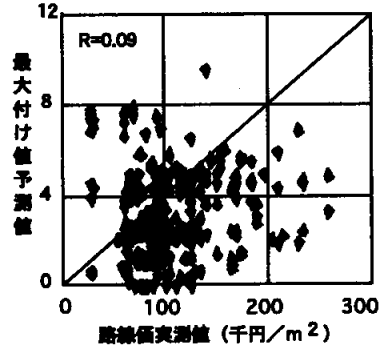


図-2 土地利用モデルに基づく推定付け値と地価

次式のように表現できる。

$$LP_n = \max_i(V_{ni}) + \sum_a \theta^a \psi_n^a + \eta_n \quad (5)$$

ただし η_n は、正規分布に従う誤差項である。

式(5)の地価関数の正規誤差 η_n の対数尤度を、式(4)に加えた次式のような対数尤度関数を考える。これを最大化することにより、付け値関数のパラメータと6部分地域のパラメータ θ^a を推定する。

$$L' = \sum_n \{ \sum_i \delta_{ni} \ln P_n(i) + b d_n \ln \Phi [LP_n - (\max_i V_{ni} + \sum_a \theta^a \psi_n^a)] \} \quad (6)$$

ただし、 $\Phi[\]$ は平均0、分散 σ^2 の正規確率分布関数、 d_n は路線価の観測の有無を表すダミー変数である。 b は尤度関数の第1項と第2項の統計的な重みを決めるための係数であり、ここでは(全サンプル数/路線価の観測サンプル数 = 3,068/311)と置くことにより、土地利用の尤度と地価関数の尤度が同様の重みで最大化されるように設定した。

前節と同様のサンプルに対して、式(6)を最大化する最尤法によりパラメータ推定を行った結果を、表-1の右側に示している。地価を取り入れたことにより、有意な変数が増加し、符号も安定している。

まず、2つの推定方法に共通するパラメータ推定値の傾向を示す。

- 1) 「最寄駅までの距離の逆数」は商業付け値に対して正のパラメータを持ち、駅に近いほど付け値が高くなる。逆に工場は駅から遠いほど付け値が高い。
- 2) 住宅、商業ともに、1990年に半径500m内の住宅数が多いほど付け値が高くなっており、既存市街地周辺に立地が起りやすいことを示している。
- 3) 用途規制に対する適合条件は、住宅、商業、工場のいずれにおいても正でも絶対値も大きいことから、用途規制がこれらの立地に与える影響が大きい。

をプロットしたものを図-2に示す。両者の間の相関係数は0.09に過ぎず、付け値推定値を用いて地価を説明することはできないと判断した。

(2) 土地利用と観測地価を同時に用いた推定

そこで、付け値関数を推定する際に観測地価のデータも同時に利用し、実測用途を再現すると同時に最大付け値と路線価が等しくなるような、パラメータ値を求めることとする。

路線価は、最大付け値の他に、市場での評判や期待といった部分地域に固有の要因の影響を受けると考え、部分地域を表すダミー変数 ψ_n^a に対するパラメータ θ^a を取り込む。以上のことから、メッシュ n の路線価 LP_n は、

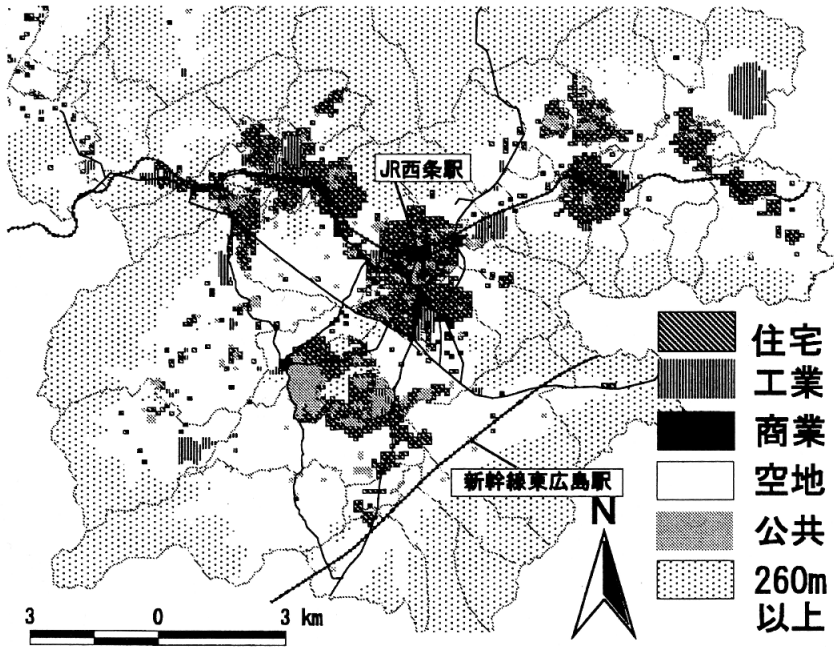


図-3 地価を用いた推定結果による土地利用再現結果

4) 住宅、商業、工場のいずれにおいても、1990年に他の用途であることを表わすダミー変数のパラメータは有意な負の値になっており、用途変更に伴う建物の除却、建設費用が用途の変更を妨げていることがわかる。

5) 災害危険地域に対する隣接条件は、住宅の付け値に対して有意な正の値になっており、直感と合わない。これは、現況の災害危険区域の定義が、住宅や公共施設に被害が生じる恐れのある地点となっているため、この変数が災害の危険性以上に既存の住宅があるという事実を反映しているためであろう。

次に、地価を利用して推定を行ったことによる異なる結果となった点を挙げる。

1) 住宅の付け値関数において、新たに最寄駅までの距離の逆数が正で有意となり、住宅立地者は駅により近い土地を選択しやすいという傾向が確認できた。

2) 半径500m内の公共施設数及び商業施設数は、地価を導入して推定を行うことにより、どの用途についても正で有意になった。利便性が評価に現れたと考えられる。

3) 半径500m内の工場数は、地価を用いない推定では商業、工場に対し正で有意な変数であったが、地価を導入した推定結果では、どの用途の付け値に対しても負で有意になっている。周囲の工場の立地による環境への悪影響が反映されていると考えられる。

2000年の実績用途と、2つの推定結果に基づく再現結果のクロス集計表を表-2に示す。地価を導入したこと

表-2 実績用途と再現結果のクロス集計
地価を用いない推定結果による再現

実績用途	実績合計	再現用途				的中率 (%)
		工場	住宅	商業	空地	
工場	358	239	22	9	88	66.8
住宅	1,294	13	788	32	461	60.9
商業	317	12	127	86	92	27.1
空地	1,099	18	128	10	943	85.8
再現合計		282	1,065	137	1,584	67.0

地価を用いた推定結果による再現

実績用途	実績合計	再現用途				的中率 (%)
		工場	住宅	商業	空地	
工場	358	235	18	12	93	65.6
住宅	1,294	13	764	36	481	59.0
商業	317	11	114	99	93	31.2
空地	1,099	16	112	11	960	87.4
再現合計		275	1,008	158	1,627	67.1

により、工業と住宅の再現数が減少する一方で、商業と空地の再現数が増加して、全体的な中率は同程度であった。図-3に地価を用いた推定結果による2000年の土地利用の再現図を示すが、図-1の実績用途分布図と比較すれば、広域的な傾向はほぼ再現できていることがわかる。路線価の実測値と再現値の相関図を図-4に示す。先の図-2と比較して、最大付け値と路線価の相関が大きく改善されたことが確認できる。

5. 土地利用シミュレーション

(1) 土地利用規制の影響分析

上記で推定されたモデルを用い、標高260m未満の

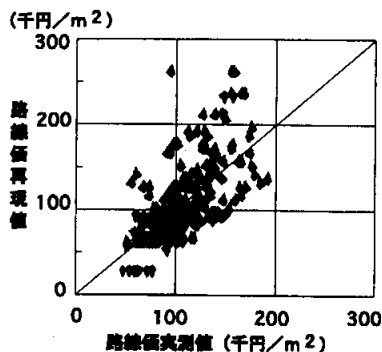


図-4 同時推定による地価の再現結果

12,714個のメッシュに対して土地利用予測を行う。2001年5月の都市計画法の改正により、市街化区域と市街化調整区域との線引きの権限が都道府県に委譲され、より弾力的な運用が可能となった。ここでは線引きの効果を検討するため、仮に市内全域を市街化区域に設定した場合の土地利用を予測する。モデル内では、空地の付け値が0.93千円/m²引き下げられ、結果として建物用途が選択されやすくなるという効果を持つ。

表-3に各用途の立地数の変化を示す。市街化調整区域には住宅が非常に多く立地するという計算結果が得られるが、本モデルでは住宅の需要側の要因を明示的に考慮していないため、その実数には意味がない。しかし、この結果から、市内のほぼ全域において住宅が立地する可能性があり、線引きの制度は虫食い状の住宅立地が郊外部に広がることを防いでいることがわかる。

(2) 土地利用税制の影響分析

土地利用税制の例として、市街化調整区域における開発行為への開発時点課税の効果をシミュレートする。あるロットに課税すると、立地者は本来の付け値よりも課税額だけ低い額の付け値を付けざるを得ず、市場での競争力が減少して立地確率が低下する。本モデルでは付け値が金銭単位で計測できているので、付け値関数値から課税額分を差し引けばよい。

課税額を変化させたとき、市街化調整区域内への工場、住宅、商業の各用途の立地量がどの程度減少するかを比率で表わした結果を図-5に示す。これより、住宅は1m²当り0.8万円の課税で50%の、3万円の課税で90%の開発を抑制できる。逆に工業は課税に関する感度は鈍く、1m²当り3万円の課税では50%の開発が抑制されるに過ぎず、90%抑制するためには5万円の課税が必要である。商業への課税は1m²当り1万円まではほとんど効果がないが、それを上回ると立地抑制効果は急激に上昇することがわかる。

表-3 市街化調整区域がない場合の立地数

	工場	住宅	商業	空地
調整区域あり	139	665	51	9,896
調整区域なし	191	10,285	52	223

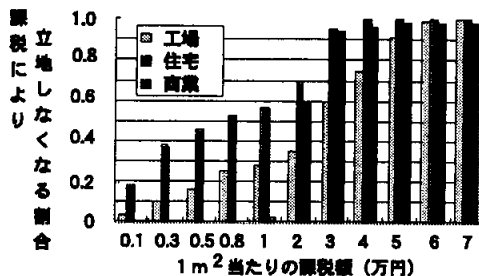


図-5 市街化調整区域の開発課税の効果

6. おわりに

本研究では、ロジット型のランダム付け値モデルに対して、土地利用と観測地価の両方を同時に用いる推定方法を提案し、地価の再現性を格段に向上させることができた。また土地利用規制、土地税制のシミュレーション分析方法を示した。

今後の課題として、空地メッシュの事前除去の影響の解明、用途区分の細分化、多様なインフラの影響の考慮、ネットワーク距離に基づくアクセス条件の精緻化といったデータの改善、コントロールトータルを与える地域経済モデルやランダム効用モデルとの結合、モデルの動学化による土地利用の改変費用の明示的な考慮、ヘドニック分析への応用方法の確立などがあげられる。

参考文献

- 1) 宮本和明(1987),「効用および付け値の確率変動を考慮した土地利用シミュレーションモデル構築の試み」,土木計画学研究・論文集,5,15-26
- 2) 小林祐司,佐藤誠治,姫野由香(2000),「都市における緑地分布変化の要因分析」,第36回日本都市計画学会学術研究論文集,823-828
- 3) 榎木武,荒川深,李太欽,金恵元(2001),「市街化区域の土地利用変容構造の把握に関する研究」,都市計画,230,50(1),58-67
- 4) 大佛俊泰,栗崎直子(1996),「効用概念に基づく土地利用遷移確率モデルの構築とその応用」,GIS-理論と応用,4(2),7-14
- 5) 杉木直,宮本和明(1999),「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,22,451-454
- 6) 肥田野登(1992),「ヘドニック・アプローチによる社会資本整備便益計測とその展開」,土木学会論文集,449(IV-7),37-46
- 7) 北詰恵一,宮本和明(2001),「住民の異質な属性による付け値曲線の違いの実証分析」,第36回日本都市計画学会学術研究論文集,661-666