

立地主体の競合を考慮した土地利用予測モデルに関する研究

京都大学工学部 正員 天野 光三

京都大学工学部 正員 戸田 常一

京都大学工学部 正員 ○阿部 宏史

1. はじめに

わが国の人口の大部分は、都市地域の限られた土地に集中している。そのため、都市においては、土地の需給のアンバランスが生じ、宅地の細分化、用途の混在、スプロール現象などの土地利用形態に関する問題が数多く存在する。さらに、住宅難をはじめとして、通勤難、道路交通の渋滞などの交通問題や騒音、日照などの環境問題など、都市における多くの社会問題もまた、土地利用形態のあり方に起因するものといえる。そこで、良好な市街地を形成し、快適な都市生活を可能とするためには、限られた資源である土地を有効に利用することが重要である。

ところで、それぞれの土地には所有者が存在し、種々の都市活動が営まれているが、その利用形態は土地市場の経済メカニズムに従ってしだいに移り変っていく。また、このような土地利用の変動に影響を及ぼす要因には、交通施設などの各種公共施設の整備をはじめ、用途の法的な規制や誘導あるいは土地に対する投機的な行動など、数多く存在する。そのため最近では、このような条件を同時に考慮して、土地の利用形態の変動を予測できる総合的なアプローチが求められている。

本研究では、上述の認識にもとづいて、交通網整備などの交通政策、税制措置や用途指定などの土地政策を実施した場合、土地利用がどのように変動するかを予測し、これらの政策の好ましさを多面的に検討する一つのモデルを提案する¹⁾。このモデルは、商業・工業・生活などの各種都市活動間の立地競争を明示的に考慮して、付け値の概念を用いて現実の土地利用変動をシミュレートすることを大きな特徴としている。また、本研究では、この予測モデルを姫路市域に適用することによって、モデルの有効性を実証的に検討する。

2. 土地利用の予測方法と従来の予測モデルの分類・考察

2-1. 土地利用の予測方法について

都市における土地利用を変化させる要因には種々のものが考えられるが、それらは次の3通りに大きく分けることができる。

〔要因A〕 経済政策や地域計画などの上位計画

〔要因B〕 交通網整備などの公共政策の実施

〔要因C〕 都市活動主体の立地選好と現実の立地状態との間の不一致（以下では“主体的不均衡”ともする）

そこで将来の土地利用を予測する場合には、これらの要因が土地利用をどのように変化させるかを把握する必要がある。従来の予測モデルの多くは、図-1に示すように、時間に関してリカージブ(recursive)にコントロールトータルを各ゾーンに配分する配分モデルの構成をとっているが、この中で上述の3つの要因は次のような形で考慮されている。

まず、要因Aについては、予測対象地域を便宜的に閉じた地域とみなし、対象地域全域における土地の総需要をコントロール

トータルとして設定する段階で、経済政策や地域計画などの上位計画の影響を考慮している。対象地域における多

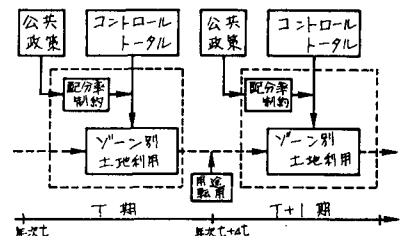


図-1 従来の予測モデルの構成

ゾーンの土地利用は、このようにして設定したコントロールトータルを各ゾーンの立地特性に応じて配分することによって予測できる。

次に要因Bについては、上述のコントロールトータルの配分の段階で考慮する各ゾーンの立地特性の中には、交通利便性、公共サービス、用途指定などの要素をとり込むことによって対処することが多い。すなわち、公共政策の実施は、各ゾーンの立地特性を変化させて、コントロールトータルの各ゾーンに対する配分率を変えさせることによって考慮できる。

最後に要因Cについては、従来の多くの予測モデルでは内生的に取り扱うことはできない。このような活動主体による土地利用の不均衡状態（主体の不均衡）による用途変化は、多くのモデルでは、用途間の転用率や住居の住みかえ率などを外生的に設定することによって考慮している。しかし、このような主体の不均衡状態、さらにはこれに起因する土地の需給の不均衡状態を正確に把握するためには、都市活動主体の立地選好をモデルの中で明示的に考慮し、モデルの中でこの不均衡状態を再現する必要がある。このためには、土地利用を形成する企業や家計の立地行動を忠実にシミュレートすることが必要である。すなわち、土地利用の形成をミクロ的にとらえ、活動主体間の立地競争をモデルの中で内生的に取り扱わねばならない。

2-2. 従来の予測モデルの分類・考察

ここでは、2-1で述べた3つの要因に着目して、従来の予測モデルを分類・考察する。なお、AlonsoやWingoなどのモデルに代表される理論的なモデルはとりあげない。これらの多くは、現実の土地利用の現象を完全に記述するよりも、土地利用現象を分析するために一定の仮定を設けて、マクロ的に土地利用を表現しようとしているためである。

(1). コントロールトータルの配分方法に着目したモデルの分類

① モデルの分類（要因Aと要因Bに対応）

従来の予測モデルの多くは、コントロールトータルを外生的に設定し、それを一定のルールにもとづいて各ゾーンに配分することによって、ゾーン別の土地利用を予測する形式をとっている。これらのモデルでは、様々な方法を用いてコントロールトータルを配分しており、この点から従来のモデルは表-1のように分類できる。

表-1の配分方法以外にも Empirical Model などの経験回帰モデルなどもあるが、それらを含めてこれらの配分方法は予測目的に応じてそれぞれ長所、短所をもっており、配分方法のみによってモデルの良し悪しを論じることは好ましくない。

(2). 立地競争の考慮に着目したモデルの分類

（要因Cに対応）

立地競争をモデルの中で内生的に扱おうとしているものとしては、表-2の2つのモデルがある。

ただし、①のモデルでは活動主体の立地競争の

表-1 コントロールトータルの配分方法に着目したモデルの分類

モデルの番号	モデルの内容
①	立地確率を用いて配分するモデル（阿部 ^{23）} ゾーン別用途別の土地利用の生起確率を求め、各ゾーンにおいてこの確率をできる限り満たすようにコントロールトータルを配分する。
②	立地費用、立地余剰、立地条件を用いて配分するモデル（それぞれ安田 ^{24）} 、中村 ^{25）} 、熊田 ^{26）} ） それぞれ、立地費用が最小、立地余剰が最大、立地条件が最良なゾーンに優先的にコントロールトータルを配分し、後に各ゾーンにおいて需給調整を行う。
③	ポテンシャルに基づいて配分するモデル（Lowry ^{27）} 、Activity-Allocation Model ^{28）} など） 活動間の相互関連の強さをゾーン別活動別のポテンシャルで表わし、この関連を保つようにコントロールトータルを配分する。これに属するモデルの多くは、基幹産業の人口分布→サービス分布→人口分布→...という波及関係を表わす経済基礎仮説に基づいて配分することが多い。
④	エントロピー最大化に基づいて配分するモデル（Wilson ^{29）} 、青山 ^{30）} など） 場合の数の生起確率である、ケルソンのエントロピー概念を用いて土地利用の生じやすさを表現し、これを現実の制約条件のもとで最大化することによって、コントロールトータルを各ゾーンに配分する。
⑤	LPモデルを用いて配分するモデル（Herbert-Stevens ^{31）} 、NBER ^{32）} ） とくに住宅地を対象としたモデルであり、用地面積、住宅需要世帯数などの制約条件のもとで、それぞれ最小、最大に付き総軒数、総通勤量を目的関数として設定したLP問題を解くことにより、コントロールトータルである住宅需要世帯数を各ゾーンに配分する。
⑥	投入産出分析に基づいて配分するモデル（天野 ^{33）} ） 活動間の相互依存関係を産業連関としてとらえ、この関係を保持するためにコントロールトータルを各ゾーンに配分する。

表-2. 立地競争の考慮に着目したモデルの分類

モデルの番号	モデルの内容
①	活動主体が負担可能な立地費用、或地代よりも大きい主体のみが立地できると考え、これら兩者の大きさを比較することによって立地できる主体をある程度限定する。（安田 ^{34）} ）
②	各種活動主体のつけ値と地代を比較し、その差である立地余剰が最大になる活動主体が立地すると考える。（中村 ^{35）} ）

扱いとはそれほど明示的ではなく、また、その他の多くのモデルでは前述の経済基礎仮説にもとづいてコントロールトータルを配分することによって、立地競争を明示的に考慮することは避けている。

(3). 立地の不均衡による既存土地利用の変化に

着目したモデルの分類(要因に対応)

土地の資質や地価などの要素からみてもっとも好ましいと考えられる土地利用形態と現実の土地利用形態とは必ずしも一致しない。これは、立地

条件が変化して立地が好ましくなった土地においても、立地の慣性によって土地利用はただろには変化しないことが1つの原因と考えられる。すなわち、立地条件の変化に伴う立地競争が現象化するのには、一定のタイムラグを伴った後であることに起因している。このような立地の不均衡による土地利用の変化を扱ったものとしては、表-3の2つのモデルがある。

①のモデルでは、既存の土地利用の変化について大胆な仮定を設けており、その根拠は明らかでない。また、そのほかの多くのモデルでは、不均衡の解消のための土地利用を考慮する場合、用途転用率や住みかえ率などを外生的に設定することによって対処している。

表-3. 立地の不均衡による既存土地利用の変化に着目したモデルの分類

モデルの番号	モデルの内容
①	現在位置に一定期間定着していたため立地条件の変化において立地費用が同種活動の対象地域全域における平均と比較して一定限度以上不利になった場合には、既存立地は変化する。(安田 ¹⁶⁾)
②	土地利用は従前の土地利用の影響を受けて変化するとも明示的に考慮し、これをマルコフ過程として扱える。(阿部 ¹⁷⁾)

表-4. 既存の土地利用予測モデルの分類

立地競争 立地の 不均衡に よる既存土 地利用の変化	考慮する	明示的には考慮していない
モデルの中で 内生的に求める	[本研究で提案する 土地利用予測モデル]	・立地の競争に基づく配分 (阿部)
モデルの中で 半ば内生的に 求める	・立地費用に基づく配分 (安田)	
モデルの中で 内生的に扱う ことはできない	・立地条件に基づく配分 (中村)	・立地条件に基づく配分(安田) ・ホフマンに基づく配分 (Landry, Activity Allocation モデルなど) ・エントロピーに基づく配分 (Wilson, 青山) ・投入産出分析に基づく配分 (天野) ・LPモデルに基づく配分 (Harbert-Simons, NBER)

以上、従来の代表的な予測モデルを、コントロールトータルの配分方法、立地競争の考慮、立地の不均衡による既存土地利用の変化の3つの側面から分類した。表-4にこれらの結果をまとめる。

(4). 従来の予測モデルの問題点

コントロールトータルの配分方法としては種々の方法が提案されており、それぞれねらいが異なるが、ここでは予測モデルを作成する場合に考慮すべき重要な事項である、立地競争の考慮と立地の不均衡による土地利用の変化の2点に着目して、従来の予測モデルの問題点をまとめる。

① 立地競争の考慮について

従来の予測モデルの多くは、モデルの操作性をねらって、経済基礎仮説に基づいてコントロールトータルを配分し、活動間の立地競争をモデルの中で扱うことは避けている。すなわち、現実の土地利用は活動主体の付加価値と地代、および立地可能性などの種々の制約条件のもとで、立地競争を通じて形成されるのであり、このことが明示的に扱われていない。

② 立地の不均衡による既存土地利用の変化について

都市の急速な発展によって、土地利用と地代の間には一時的な不均衡がもたらされ、立地が不適当であっても、立地の慣性によってただろには用途の変化は生じない。この事實は立地競争が一定のタイム・ラグを伴って現象化するためであり、このことをモデルの中でそのまま内生し、シミュレートしたモデルは数少ない。

中村¹⁸⁾は上述の①について対処しているが、②の問題にはそれほど考慮を払っていない。一方、阿部¹⁷⁾は、②の問題点を扱っているが、①については考慮していない。安田²⁰⁾は、①と②の問題点をともに考慮しているが、②の取り扱いが不十分である。このように、従来の①と②の2つの問題点をともに内生的に扱うモデルは、未だ

開発されているものと考えられる。

3. 本研究で提案する土地利用予測モデルの全体構成と特徴

3-1. 土地利用予測モデルの全体構成

ここでは、商業・工業・生活などの各種都市活動間の立地競争を付加価値の概念を用いて明示的に考慮し、現実の土地利用変動をシミュレートする土地利用予測モデルを説明する。このモデルは、現在の土地利用形態に対して、交通網整備などの交通政策、税制措置や用途指定などの土地政策を実施した場合、土地利用がどのように変化するかを予測するものであり、次の3つのサブモデルを中核として構成されている。

〔1〕立地条件の評価サブモデル

〔2〕土地利用の変動傾向予測サブモデル

〔3〕土地利用の配分サブモデル

これらのサブモデルを有機的に結びつけることによって、予測モデル全体を機能させることができる。モデルの全体構成を図-2に示す。この図はモデル全体のインプットとアウトプット、およびモデルを構成する各サブモデルの相互の関連を示している。

この土地利用予測モデルは、都市圏程度の地域を対象として、商業・工業・生活などの各活動の土地利用面積が、各種の公共政策との関連のもとどのように推移するかを予測するものであり、その予測は対象地域を生活圏や小学校区などの比較的細かく分割したゾーンを単位として行う。また、対象地域における土地の総需要は、政府の経済政策や経済変動、あるいは広域的な地域計画などの外部の事情によって大きく影響されるものであり、対象地域内の事情のみによって推定することは妥当ではないと考えられる。そこで本モデルでは、これをコントロールトータルとして与え、各ゾーンにおける活動別の土地利用面積は、このコントロールトータルの将来値を一定のルールを用いて各ゾーンに配分することによって予測する。

以下では、土地利用予測モデルを構成する3つのサブモデルの役割を、相互の関連を考慮しつつ、簡単に説明する。

〔1〕立地条件の評価サブモデル：ある都市活動が特定の土地に立地しようとする際につける付加価値は、その土地の資質に応じて与えられると考えられる。このサブモデルでは、各都市活動の立地の面からみた土地の資質を表す尺度として立地条件の評価値を定義し、この値を交通利便性や公共施設サービスなどを表す各種指標に対応した物理量を用いて算出する。

〔2〕土地利用の変動傾向予測サブモデル：このサブモデルでは〔1〕で求めた立地条件の評価値を用いて、各ゾーンにおける各活動主体による付加価値を求め、各ゾーンごとに立地競争をシミュレートし、それによって土地利用変動の傾向を予測する。

〔3〕土地利用の配分サブモデル：このサブモデルでは、土地利用の変動傾向予測サブモデルによる土地利用の変動傾向の予測結果をふまえて、コントロールトータルを各ゾーンに配分する。それにより、土地利用予測モデルの最終的なアウトプットとして、各ゾーンごとに、活動別土地利用面積の将来予測値を得ることができる。

3-2. 土地利用予測モデルの特徴

以上のように、本研究で提案する土地利用予測モデルは、従来の多くのモデルと同様に配分モデルの構成をとる。すなわち、経済政策や地域計画などの対象地域外の影響をコントロールトータルの設定によって考慮し、そ

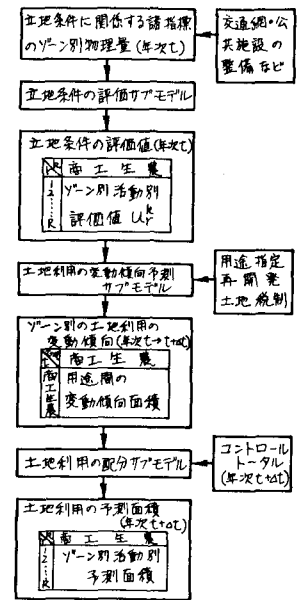


図-2. 本研究で提案する予測モデルの全体構成

れを各ゾーンに配分することによって、ゾーン別活動別の土地利用面積を予測する。しかし、モデルの内部で各都市活動主体の土地市場における土地競争を明示的に考慮しており、その際に、以下のいくつかの点について特徴を備えている。

① 商業・工業の各活動の利潤最大化、生活の効用最大化に基づく立地選好と付け値の概念を用いて明示的に考慮し、活動主体間の土地競争を定量的にシミュレートして将来の土地利用を予測する。

② 一般に、各活動主体の土地市場に関する知識は不完全であるという現実の状況を考慮し、付け値を確率変数として扱うことによって土地競争の不確実性を考慮する。

③ 現在の土地利用は現在の立地条件や地代のもとで安定(均衡)した状態であるという仮定を設けず、土地利用変化の時間遅れや、移転を希望する活動の存在などを明示的に考慮する。これによって、仮に対象地域における新規の土地需要の増加や公営施設の整備がなくても、これまでの慣性によって、現在の土地利用が今後どのように変化するかをゾーン別に予測できる。

4. 土地利用予測モデルを構成する各種サブモデル

4-1. 立地条件の評価サブモデル

従来の土地利用モデルの中には、土地の資質は都心からの時間距離によって定まるという仮定を設けているものもある。しかし、たとえば住宅の立地を考える場合、都心までの時間距離の他にも、買物の便利さ、周囲の環境条件、上下水道の普及状態などの多種多様な要素によって土地の資質は評価されていると考えるのが現実的である。したがって、立地条件の評価に際しては、各活動主体にとって重要と思われる複数の項目を同時に考慮する必要がある。

このような多様な立地条件を総合的に考慮して評価する方法は従来より種々のものが開発されているが、本モデルでは各種活動主体が立地の際に考慮する種々の項目について、評価関数とウエイトを設定し、次の式(1)によって各ゾーンにおける立地条件の評価値を求める。

$$U_i^k = \sum_j W_j^k \cdot U_j^k(x_{ir}) \quad (1)$$

ここに、 U_i^k : 活動kに関するゾーンiの立地条件の評価値(但し、 $0 \leq U_i^k \leq 1$)

$U_j^k(\cdot)$: 活動kに関する項目jの評価関数

W_j^k : 活動kに関する項目jのウエイト(但し、 $0 \leq W_j^k \leq 1$, $\sum_j W_j^k = 1$)

x_{ir} : ゾーンiにおける項目jの物理量

式(1)で求められる立地条件の評価値の最高は1、最低は0となる。ただし、活動ごとに考慮する評価項目が異なるため、異なる活動間の立地条件の評価値の大きさを比較することはできない。

4-2. 土地利用の変動傾向予測サブモデル

このサブモデルは付け値の概念を用いて土地利用の変動傾向を予測するものであり、本研究で提案する土地利用モデルの核となるものである。このサブモデルでは、商業・工業・生活などの活動主体による付け値競争を基本として、これに用途地域制や高層化などの実際の現象を考慮しながら各活動の立地競争をシミュレートすることにより、各ゾーンにおける各活動の土地利用の変動傾向を予測する。図-3にサブモデルの全体構成を示す。以下では、付け値の算出、立地競争のシミュレートのそれぞれについて説明する。

(1). 付け値の算出

サブモデルへのインプットとしては、各都市活動による各ゾーンの立地条件の評価値が与えられる。ここでは、立地条件の評価値 U_i^k と土地に対する付け値 B_i^k の対応を表わす付け値関数 $f^k(\cdot)$ を各都市活動別に設定する。付け値関数は一般には、式(2)で表わすことができる。

$$B_r^k = f^k(u_r^k) \quad (2)$$

ここに、 B_r^k ：活動主体 k によるゾーン r の土地に対する
付け値

$f^k()$ ：活動 k の付け値関数

次に、付け値は一般には評価値の大きさに一意的に決するものではなく、土地市場に関する知識の不完全さや、同一活動内での付け値評価のばらつきなどの要因によって、ある程度の不確実性を伴うものと考え、図-4に示すような変動幅を持った付け値関数と考える。すなわち、ある評価値 u^k に対する付け値 B^k は $f(u^k)$ を平均値としてそのまわりに確率的に分布すると仮定する。

この結果、各ゾーンにおける各活動主体による付け値は式(3)で与えられ、活動間の立地競争を確率的に論じることが出来る。

$$B_r^k = f^k(u_r^k) + \delta^k \quad (3)$$

ここに、 δ^k ：確率分布にしたがって変動する要素

ところで、ある土地にどの都市活動が立地するかは、どの活動の付け値が最も大きいかにによって定まると考えられるが、既に特定の活動が立地している土地では、その活動は当然付け値競争において有利であると考えられる。そこで、この優位性の程度を先行立地優先値 $\bar{B}^k$ として付け値競争の際に考慮する。

以上の結果、ゾーン r での各都市活動主体による付け値は式(4)と式(5)によって定まる。

現在立地している活動主体について、

$$B_r^k = f^k(u_r^k) + \delta^k + \bar{B}^k \quad (4)$$

その他の活動主体について

$$B_r^k = f^k(u_r^k) + \delta^k \quad (5)$$

以上の付け値関数の形状や先行立地優先値の大きさは、土地に対する需要量や土地規制によって影響をうけると考えられるので、十分な実証的検討に基づいて設定する必要がある。

(2). 立地競争のシミュレート

式(4)と式(5)によって得られる付け値を各ゾーンの現在の活動 k とに計算して比較すると、最も大きい付け値をつけた活動が各ゾーンにおいて新たに立地すると考えられる。いま、 δ^k が $N(B_r^k, \sigma^k)$ の正規分布に従うものと仮定すれば、都市活動間の立地競争は次のように定式化される。

まず、ゾーン r で活動 k が立地している土地（以下では活動 k による利用地とす）に、都市活動 k' が $B_{rk'}$ の付け値を与える確率は、次の式(6)で与えられる。

$$P(B_{rk'}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma^k} \cdot \exp \left\{ -\frac{(B_{rk'} - \bar{B}_{rk'})^2}{2\sigma^k} \right\} \quad (6)$$

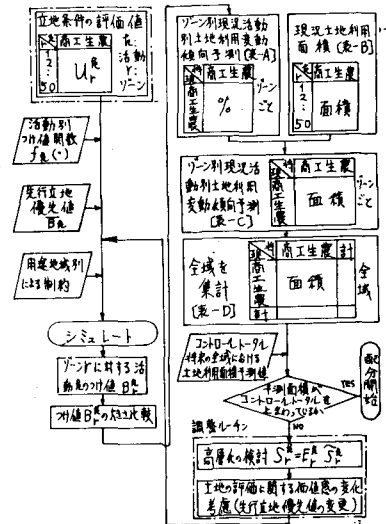


図-3. 土地利用の変動傾向予測モデルの構成

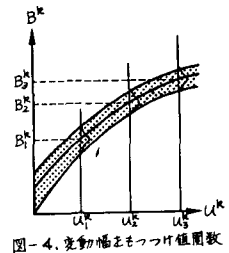


図-4. 変動幅をまつ付け値関数

ここに、 $B_{i,j}^k$: ゾーン i の活動 k による利用地 j に活動 k が与える付け値 ($k = \text{各都市活動 (4)}, k \neq j$ ならば式(6)によって求める。)

次に2つの都市活動 k と k' を考え、ゾーン i の活動 k による利用地 j での両者の付け値の差を $B_{i,j}^{kk'}$ とすると、

$$B_{i,j}^{kk'} = B_{i,j}^k - B_{i,j}^{k'} = f^k(u_i^k) - f^{k'}(u_i^{k'}) \quad (7)$$

$B_{i,j}^k$ と $B_{i,j}^{k'}$ はそれぞれ $N(\hat{B}_{i,j}^k, \sigma^2)$ 、 $N(\hat{B}_{i,j}^{k'}, \sigma^2)$ の正規分布に従うので、正規分布の再生性によって、 $B_{i,j}^{kk'}$ は $N(\hat{B}_{i,j}^k - \hat{B}_{i,j}^{k'}, \sigma^2 + \sigma^2)$ の正規分布となる。また、活動 k が k' よりも高い付け値を与える確率は、 $B_{i,j}^{kk'} \geq 0$ となる確率で与えられる。これを、 $P_{i,j}^{kk'}$ とすると、

$$P_{i,j}^{kk'} = P(B_{i,j}^{kk'} \geq 0) = \int_0^\infty P(B_{i,j}^{kk'} = x) dx \quad (8)$$

ゾーン i の活動 k の利用地 j で都市活動 k が最高の付け値をするとき、その活動 k はその土地に立地することができる。この確率を $P_{i,j}^k$ とすれば、これは次の式(9)で与えられる。

$$P_{i,j}^k = \left(\prod_{\substack{k'=1 \\ k' \neq k}}^K P_{i,j}^{kk'} \right) / \sum_{k'=1}^K \left(\prod_{\substack{k''=1 \\ k'' \neq k'}}^K P_{i,j}^{kk''} \right) \quad (9)$$

式(9)で得られる $P_{i,j}^k$ は、ゾーン i での活動 k から活動 k への用途転用率を表すことになる。各都市活動の利用地と未利用地のそれぞれについて、ゾーン別に以上の立地競争をシミュレートすることにより、表-5の土地利用の変動傾向予測割合表が得られる。この結果に表-6の現在の土地利用面積をかけ合わせると、表-7のゾーン別の土地利用の変動傾向予測面積表を得ることができる。これをさらに、対象区域内の全ゾーンについて集計すると、表-8の全域の土地利用変動傾向予測面積表を得る。

以上のようにして求められる各活動の全域での変動傾向予測面積が、別途、外生的に与えられるコントロールトータル値を上まわってはいれば、表-7にしたがって、配分を開始することができる。しかし、この予測面積がコントロールトータルより小さければ、コントロールトータルのすべてを配分することはできない。この場合は、調整ルーインにおいて、高層化や先行立地優先値の大きさを再検討することによって、変動傾向予測面積を調整する。

まず、高層化については、さまざま評価値をもつ

土地における一般の容積率を求め、評価値が高く、容積率が1を超えるようなゾーンでは、最初に予測した面積に、事前に求めた容積率をかけた値を予測面積とする。また、特定の活動が急成長する場合には、各活動相互間の土地に対する価値観が相対的に変化すると考えられるので、これを先行立地優先値を変化させることにより考慮する。

以上の調整ルーインによる変動傾向予測面積の調整をくり返し、対象地域全体の活動別変動傾向予測面積がコントロールトータルを上まわった時、土地利用の変動傾向予測モデルの実行を終了する。このサブモデルのアウトプットである土地利用の変動傾向予測面積表は、次の土地利用の配分モデルへのインプットとなる。

表-5 土地利用変動傾向予測割合表 表-6 現在の土地利用面積

	商業	工業	生活	農業
商業				
工業				
生活				
農業				

$P_{i,j}$: 活動 k から活動 k に転化する割合

	商業	工業	生活	農業	計
1					
2					
...					
n					

$Z_{i,j}$: ゾーン i の活動 k の現在の土地利用面積

表-7 土地利用変動傾向予測面積表 (ゾーン別)

	商業	工業	生活	農業	計
商業					
工業					
生活					
農業					
計					

$X_{i,j}$: 活動 k から活動 k に転化する予測面積

表-8 土地利用変動傾向予測面積表 (全域)

	商業	工業	生活	農業	計
商業					
工業					
生活					
農業					
計					

$X_{i,j}$: 活動 k から活動 k に転化する予測面積

4-3. 土地利用の配分サブモデル

土地利用の変動傾向予測サブモデルによって、各ゾーンの土地利用の変動がどのような傾向を示すかを予測できるが、最終的は土地利用形態は土地の需要と供給の関係によって定まるものであり、需要量がなければ、予測した変動傾向が実際には生じない場合もある。したがって、実際に立地するゾーン別活動別の予測面積を求めるには、対象区域全体における活動別の土地の総需要量を求めておく必要がある。本モデルでは、このような総需要量は、景気の変動や政府の経済政策、あるいは地域計画などの対象地域を含むより広域的な情勢によって定まるものと考え、土地の総需要量をコントロールトータルとして外生的に設定する。

土地利用の配分サブモデルでは、与えられたコントロールトータルを土地利用の変動傾向予測面積表に基づいて各ゾーンに配分し、最終的なゾーン別活動別の土地利用予測面積を求める。このサブモデルは図-5に示すように初期配分と再配分の2つのルーチンで構成される。

(1). 初期配分ルーチン

まず、配分過程の初期値を与えるために、コントロールトータルを次の手順で配分する。

- ① 土地利用の変動傾向予測面積表において、現在の活動が存在すると予測された所には、その値をすべて配分する。
- ② 各ゾーンにおける活動別の変動傾向予測面積を上限として、各活動ごとに評価値の大きいゾーンから順に、コントロールトータルをすべて配分する。

(2). 再配分ルーチン

先の土地利用の変動傾向予測サブモデルでは、全域の変動傾向予測面積がコントロールトータルよりも大きくなるように設定したので、土地利用変動が予測されたにもかかわらず、配分されない活動をもつゾーンが生じる。この場合、配分が確定してない土地（以下では配分未確定地とよぶ）には、以下の手順で活動の配分を検討する。

- ① 配分未確定地ごとに土地利用の変動傾向予測サブモデルを用いて、再び立地競争をシミュレートする。その際、一度配分されなかった活動はその配分未確定地での立地競争から除外する。
- ② 配分未確定地の変動傾向予測面積表で現況活動の土地利用が存在すると予測された場合、初期配分ルーチンの手順②で配分されたその活動の面積のうち、その配分未確定地よりも評価値の小さいゾーンに配分されたものと順に入れかえる。
- ③ 配分未確定地で新たに土地利用が形成されると予測された活動では、初期配分ルーチンの手順②ですでにその活動を配分したゾーンの評価値の中に、配分未確定地の評価値よりも小さいものがある場合、そのゾーンへの配分面積を配分未確定地に再配分する。
- ④ 以上の手順をくり返すことによって、しだいに配分を確定してゆく。この過程で立地競争に参加する活動は減り、最終的には1つになり、配分が終了する。配分終了時点で、なお配分未確定地がある場合、空地または空地として残されるものとする。

以上の手順によってコントロールトータルを配分し、ゾーン別活動別の土地利用予測面積を得る。

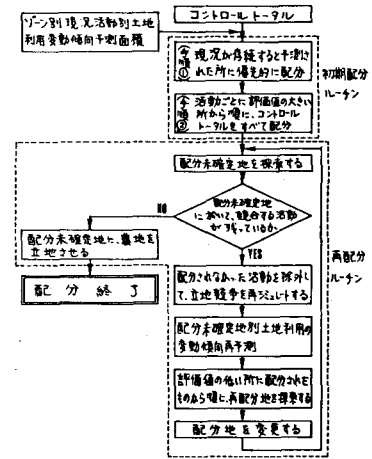


図-5. 土地利用の配分サブモデルの構成

5. 姫路市に対するケーススタディ

5-1. ケーススタディの概要

次に、ケーススタディとして、本研究で提案する土地利用予測モデルを姫路市に適用し、予測精度の検証を行

う。ケーススタディではまず、昭和45年における公共施設の整備状況や地価などの各種データを用いて、土地利用予測モデルの各サブモデルを作成する。次に、昭和45年の土地利用面積から将来の土地利用の変動傾向を予測し、その結果に基づいて、昭和52年における土地利用面積の実績値をコントロールトータルとして各ゾーンに配分する。そして、このようにして得られたゾーン別の土地利用面積の予測値と昭和52年のゾーン別の土地利用面積の実績値を比較することにより、モデルの予測精度を検証する。

5-2. 対象地域と前提条件

(1). 対象地域とゾーン

ケーススタディの対象とする姫路市は昭和55年現在で、人口約45万人、面積は271km²であり、兵庫県南部の播磨地方の中に都市である。分析に用いるゾーンはモデルの性格上比較的小さい方が望ましいが、姫路市では小学校区単位で統計データが整備されているので、ここでは図-6の50の小学校区(以下ではゾーンとす)を分析の基本単位とする。



図-6. 対象地域とゾーン設定

(2). 都市活動主体の設定

立地競争に参加する活動には種々の分類方法が考えられるが、ここでは立地行動が大きく異なると考えられる、商業・工業・生活・農業の4つの活動に着目し、道路などの公共施設や山林・公園・水面などはその他の活動とし、それらの土地利用や変動は外生的に与える。また、商業・工業・生活については、たとえば、業務と販売、軽工業と重工業、一戸建住宅と高層住宅というように分けることが、本来必要と考えられるが、データの制約から一括して扱う。

5-3. サブモデルの作成

(1). 立地条件の評価サブモデルの作成

立地条件の評価サブモデルを作成するために、まず、商業・工業・生活の各活動について評価項目を設定し、次に各項目について評価関数とウエイトを求める。

まず、評価項目は過去の事例研究を参考にして、表-9の各項目を設定した。また、表-9には各評価項目の水準を表わす物理量の内容も併記している。

次に、評価関数としては簡便な方法として、次の式(10)の線形関数を用いる。

$$U_i^r = \frac{1}{\alpha - \beta} (X_i^r - \beta) \quad (10)$$

ここに、 α : 対象地域における最良の物理量 X_i^r の値

β : 対象地域における最悪の物理量 X_i^r の値

評価項目のウエイトは立地条件に対する評価意識に関するアンケート調査データを用いて推定した。アンケート調査では表-9の各項目に対する満足度を5段階のカテゴリー形式で尋ねているので、数量化理論Ⅱ類を適用し、それにより得られる各評価項目の偏相関係数を総和が1.0となるように基準化し、表-9のウエイトを算出した。

(2). 土地利用の変動傾向予測サブモデルの作成

次に、土地利用の変動傾向予測サブモデルの要素である、付付関数、付付値の分布形、先行立地優先値の推定を行う。

表-9 本研究で用いる評価項目と物理量およびウエイト

項目名	項目	物理量 (単位)	ウエイト
商業	1 商品の仕入れの容易さ	アソシエーション(仕入)距離	0.31
	2 商店街としての盛衰の結果	自ゾーンの商業販売額(円)	0.35
	3 近隣の職場数	自ゾーン内の事業者数(人)	0.12
	4 周辺の住民数	自ゾーンの夜間人口	0.22
工業	1 原料製品の輸送の便利さ	アソシエーション(輸送)距離	0.34
	2 工場からの通勤の便利さ	アソシエーション(通勤)距離	0.18
	3 周辺住民の生活環境の認識	ゾーンの人口密度(人/km ²)	0.22
	4 工場排水や廃棄物の処理	下水処理率(%)	0.26
生活	1 通勤の便利さ	アソシエーション(通勤)距離	0.05
	2 商店への近さ	アソシエーション(買物)距離	0.15
	3 医療機関への近さ	ゾーン内の数 (個)	0.09
	4 公園・緑地への近さ	ゾーン内の公園緑地面積(㎡)	0.12
	5 下水施設	下水処理率(%)	0.18
	6 住宅地以外の静けさ	環境騒音値	0.20
	7 建物の二つぐあい	建ぺい率	0.21

① 付け値関数の推定

付け値関数の形としては種々の関数形が考えられるが、ここでは多様な形状を示すことが出来る式(11)を用いる。

$$B_r^k = \exp(\lambda \cdot (U_r^k)^{\alpha}) + \gamma \quad (11)$$

ここに、 λ, α : パラメータ

γ : 定数

B_r^k のデータとしては、各ゾーン内に存在する公示地価の表示点に立地している活動の地価のデータを用い、各ゾーンの立地条件の評価値 U_r^k を説明変数として回帰分析によってパラメータ λ, α を推定する。ここで、付け値として地価を用いるのは、現在の地価はそこに立地している活動の効用や利潤が反映して土地市場において定まった価格であり、その値日その土地に対する現貨の最高の付け値と高い相関があると考えられるからである。

式(11)の γ は評価値が0の場合での地価に相当するもので、ここではあらかじめ各活動とも10000に設定した。パラメータ λ, α の推定結果を表-10に示し、各活動の付け値関数の形状を図-7に示す。

表-10. 付け値関数に関する諸数値

活動	λ	α	付け値の分散	先行立地優先値
商業	11.56	0.068	7.87×10^8	50000
工業	11.26	0.120	8.35×10^7	70000
生活	11.13	0.060	6.66×10^7	70000
農業	—	—	—	120000

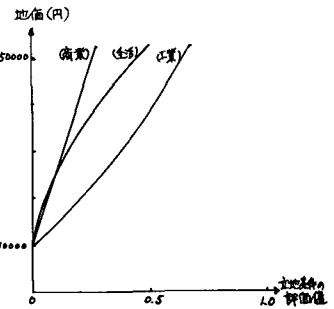


図-7. 多活動主体の付け値関数

② 付け値の分布形の設定

付け値の分布形としては、4-2で述べたように正規分布を用いる。この場合、各評価値に対する正規分布の平均は式(11)で求められる。商業、工業、生活の付け値とする。また分散の σ^2 については、実際の地価と計算値の間の残差のうち、最大のものの値が正規分布の両側確率5%に対応すると考え、表-10の値を設定した。

③ 先行立地優先値の設定

先行立地優先値は、後の立地競争のシミュレートによって予測される各ゾーンの商業、工業、生活の多活動の面積がコントロールトータルと大差なく、かつそれを上まれるように感度分析的に設定した。表-10には、各活動の先行立地優先値も併記している。なお、農業の付け値はゾーンに問わず一定に設定するので、表-10の先行立地優先値は付け値も含めて設定している。

5-4. 土地利用の予測結果と考察

(1). 土地利用の変動傾向の予測結果

5-3でのサボモデルの推定結果に基づいて、土地利用の変動傾向予測サボモデルによって、各ゾーンの土地利用面積の変動傾向を予測することが出来る。しかし、実際の土地利用変動は立地競争以外にも、道路などの公共施設整備、計画的な開発行為、用途地域制などにも影響をうけるものと考えられる。そこで、ここでは以下の条件を与えることで立地競争をシミュレートする。

① 商業、工業、生活、農業の各活動以外の面積の増減は、道路などの公共施設整備や計画的な開発行為によって定まるものと考え、予測対象期間中の増減をもとに外生的に設定する。

② 用途地域制については、第1種および第2種住居専用地域の占める割合の大まかいゾーンと、工業専用地域の占める割合の大まかいゾーンについて、それぞれ、生活、工業の付け値を高く設定し、立地競争でこれらの活動を有利にする。

以上の前提の下で各ゾーンごとに立地競争をシミュレートし、

表-11. 全域の土地利用変動の傾向予測値 (単位: km²)

用途	商業	工業	生活	農業	その他 ^{注)}	合計
商業	149.45	6.97	2.99	0.0	5.89	165.30
工業	49.79	1289.66	11.91	0.0	112.82	1463.18
生活	76.96	2.01	3254.99	0.0	305.93	3739.89
農業	60.34	13.51	500.78	4001.09	223.85	5299.57
その他 ^{注)}	254.74	264.14	82.12	0.0	1257.95	1858.95
合計	593.97	1526.30	3772.80	4001.09	1677.85	15972.01
前期52年23年度平均	459.70	1508.20	3719.60	4257.67	1672.25	14987.42

注). その他: 公共用地、空地、山林等。

ゾーン別に土地利用の変動傾向予測面積を求めた。表-11はゾーン別の変動傾向予測面積表を集計して、全域の土地利用の変動傾向予測面積を求めた結果である。これによると、対象地域全域の変動傾向では、生活から商業、農業から商業・生活、その他から商業・生活・工業への変化が大きい。現在の活動の立地の安定性からみると、商業、工業については立地は安定しており、農業の土地は比較的不安定であって、他の用途へ転用され易いと考えることができ、かなり的確に合った結果が得られている。

(2). 土地利用の配分サブモデルの適用結果と予測精度の検証

表-11では、変動傾向予測面積は各活動とも、昭和52年のコントロールトータルを基としているので、コントロールトータルのすべてを各ゾーンに配分することができる。

図-8～図-10は得られたゾーン別活動別の土地利用面積の予測値と昭和52年の実値と比較するため、商業・工業・生活の活動別にプロットしたものである。なお、ゾーン別活動別の土地利用面積は、0.1ha程度の小さいゾーンから、100haを超えるゾーンまで大きなかなり差があるため、これらの図では両対数紙を用いている。これによると、図にゾーン番号を記したいくつかのゾーン以外では予測精度はかなり良好といえる。

予測精度の悪いゾーンの実地の土地利用変化を検討すると、これらのゾーンでは予測期間中に農業の土地利用面積が増加しており、これが予測精度を低下させていると考えられる。すなわち、本研究の土地利用モデルでは、農業は積極的に立地競争に参加しないと仮定しているため、これらのゾーンでは他の活動の土地利用面積を大きく予測し過ぎていると考えられる。

以上の考察によると、農業の土地利用面積が増加するという特別な場合を除いては、ほぼ良好な予測結果が得られている。したがって、本研究で提案する土地利用モデルは、対象地域をなす各ゾーンにおいて、各活動がどのような割合で増減し、さらに相互にどのような用途転用されるかを把握する際には特に有効であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、商業・工業・生活などの各種都市活動の立地競争を考慮し

た土地利用の予測モデルを提案した。このモデルは付価値競争の概念を用いて、土地市場における各都市活動主体間の立地競争をシミュレートすることによって、将来のゾーン別土地利用面積の変化を都市活動別に予測するものである。また、立地競争をシミュレートする際に、現在の土地利用が現状の地代や立地条件の下で安定した状態にあるという仮定を設けずに、既存の立地主体も立地競争に参加させることとした。それにより、新規の活動主体の立地以外にも、既存の活動主体の移転やそれに伴う用途転用をモデルの中で明示的に扱えるようになった。姫路市に対するケーススタディの結果では、モデルの予測精度はかなり良好であり、現実への適用可能性を確認できたと考える。

しかし、筆者らは、本研究で提案した土地利用モデルを、将来のより精緻な土地利用予測モデルへのパイロットモデルとして位置付けており、現在、次に述べるいくつかの課題を検討することにより、本モデルの改良を進めている。

(1). 都市活動主体は大きく、生活・商業・工業の3分類となっているが、この他の活動の考慮や活動主体の細

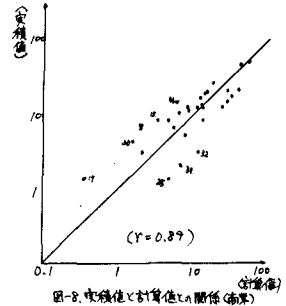


図-8. 実値と計値との関係(商業)

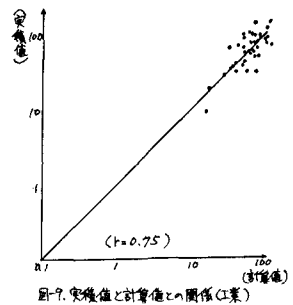


図-9. 実値と計値との関係(工業)

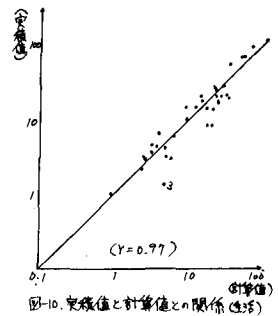


図-10. 実値と計値との関係(生活)

分化を検討し、予測精度の向上と予測内容の充実に計る必要がある。

(2). 本研究の土地利用予測モデルでは付け値競争が基本となっているため、地価と立地条件に関する各種データをを用いて、活動の種類による土地資質の評価様式の差異を十分に実証分析しておく必要がある。特に上述のように活動主体を細分化すると、各活動の地代の負担能力が多様なものとなると考えられるので、互いに競争の可能な活動の集団を明確にする必要がある。

(3). 将来の土地利用の形成は、土地市場で土地に対する需要と供給が均衡する過程としてとらえることができる。本モデルでは、各都市活動に対する土地の供給量を立地競争によって生じる各活動の立地可能面積と考え、その形成メカニズムを土地利用の変動傾向サブモデルによって明らかにしている。しかし、農地転用や高層化などによる新たな土地の供給は、本モデルのいう立地競争のみでは十分に説明できない部分があるので、別に十分実証的検討が必要である。さらに、土地の需要量については、コントロールトータルとして土地面積を直接的に与えており、人口や都市活動の水準を土地需要面積に変換するプロセスは明示的に扱っていないので、そのモデル化を検討する必要がある。これらの点を考慮して、本モデルを土地市場における土地の需給という面から再構成し、より操作性の高いモデルの構築をめざすことが必要と考えられる。

(4). 土地市場における土地の需要量と供給量、さらには地代の形成は、一般には長期的な視野のもとで検討すべきものであり、土地市場での土地の需給の均衡過程を正確に捉えるためには、長期間にわたる土地の需給量や地代の変化を内生化した動的なモデルが必要となる。このためには、土地の需要および供給の形成メカニズムや地代の形成メカニズム、用途間の転用メカニズムなどについて十分実証的検討を加えることが必要であり、このような動的な土地利用予測モデルの開発を本研究の最終的な目標としたい。

最後に、本研究の遂行にあたって、討論・計算作業などに多大な協力をいただいた建設省田園地建くもと京都大学大学院の中川大氏、および貴重な資料を提供いただいた姫路市役所に感謝の意を表わします。

(参考文献)

- 1). 戸田,阿部,中川;立地不均衡と立地競争を考慮した土地利用予測モデルに関する研究,土木学会第36回年次学術講演会講演概要集,1981,PP.253~254
- 2). 阿部隆;土地利用の混合-近接効果による土地利用の変化,地域学研究第7巻,1977,PP.193~199
- 3). 安田八十五;シミュレーションモデルによる土地利用パターンの変動過程の解明,(石原安介編)都市社会システム,日刊工業新聞社,1973.10,PP.249~269
- 4). 中村,林,宮本;都市近郊地域の土地利用モデル,土木学会論文報告集第309号,1981.5,PP.103~112
- 5). 熊田恒宣;大阪府土地利用システムの開発に関する調査報告書,大阪府土木部,1978.3
- 6). Lowry, Ira S.; A Model of Metropolis, RM-4035-RC, Santa Monica, California; The RAND Corporation, 1964.8
- 7). Batty, M; Urban Modelling, Algorithms, Calibrations, Predictions, Cambridge Univ. Press, 1976, PP.20~81

- 8). Wilson, A.G; Urban & Regional Models in Geography & Planning, John Wiley & Sons, 1974
- 9). 木下,青山,大谷,荻原;エントロピー法による土地利用予測モデルに関する研究,都市計画別冊第11巻,1980.11,PP.103~108
- 10). Herbert, J.D and B.H. Stevens; A Model for the Distribution of Regional Activity in Urban Areas, JRS, Vol.2, No.2, 1960, PP.21~36
- 11). Ingram, G.F, Kain, J.F and Ginn, J.R; The Detroit Prototype of the N.B.E.R. Urban Simulation Model, New York: 1972
- 12). Amano, K, T. Kimura, and A. Ando; An Activity Analysis in a Metropolitan Area, Proc of JSCE, No.274, 1978, PP.131~193
- 13). Stephen, H. Putman; An EMPIRIC Model of Regional Growth, Regional Science Research Institute, 1975
- 14). 上掲 3)
- 15). 上掲 4)
- 16). 上掲 3)
- 17). 上掲 2)
- 18). 上掲 4)
- 19). 上掲 2)
- 20). 上掲 3)
- 21). 天野,戸田,近藤;鉄道高架化が都市環境に及ぼすインパクトについて,都市計画別冊第14巻,1979.11,PP.397~402