

新 制
工
649
京大附図

広域都市圏における
土地利用モデルの開発と応用に関する研究

昭和60年6月

阿 部 宏 史

広域都市圏における
土地利用モデルの開発と応用に関する研究

昭和60年6月

阿 部 宏 史

序

昭和30年代から40年代前半にかけての高度経済成長期における、産業や人口の大都市への集中によって、わが国の大都市圏では、郊外におけるスプロール、都心部での人口の空洞化、土地利用の混在、地価の高騰など、都市活動の立地や土地利用に関連する様々な社会問題が発生した。その後オイルショックを経て、経済は低成長期に入り、大都市圏への人口や産業の集中は徐々に緩和されているが、上述の社会問題は必ずしも解決の方向に向かっているとはいえない。さらに現在では、将来において利用可能な資源の枯渇も認識されており、既存の都市施設を生かした都市空間の効率的な利用が求められている。

都市・地域計画においては、望ましい都市環境の形成を目的として、交通網整備、公共施設整備、土地利用規制をはじめとする様々な政策が立案されるが、上述の諸問題に対処するためには、計画策定の際にこれらの政策が都市圏内の土地利用に与えるインパクトを正確に把握し、所期の計画目標を達成しうる適切な計画を立案することが必要である。

本研究では、以上の認識にもとづいて、都市圏内における公共政策の実施が都市活動の立地に及ぼすインパクトを予測する土地利用モデルの開発を行った。また、ケーススタディを通じて、構築した土地利用モデルの有効性を実証するとともに、都市・地域計画における実用性を明らかにした。

本論文における研究成果が、都市・地域計画における土地利用モデルの開発と応用の一助となれば幸いである。

昭和60年6月

阿部宏史

目 次

第1章 序 論	1
1-1 本研究の目的	1
1-2 本研究の構成	2
第2章 土地利用モデルに関する基礎的考察	3
2-1 概 説	3
2-2 土地利用の形成メカニズムに関する考察	3
2-2-1 土地利用の形成要因	3
2-2-2 土地利用の形成メカニズム	5
2-3 土地利用モデルと関連研究	5
2-4 土地利用モデルと計画策定	8
2-4-1 計画策定プロセスの概念	8
2-4-2 計画策定における土地利用モデルの役割	11
2-5 従来の土地利用モデルの比較と考察	13
2-5-1 土地利用モデルの比較基準	13
2-5-2 従来の土地利用モデルの比較	15
2-6 本研究で構築する土地利用モデルの特徴	21
2-7 結 語	23
第2章参考文献	25
第3章 土地利用のマクロモデルの構築	27
3-1 概 説	27

3-2	従来の研究との関連	27
3-3	土地利用のマクロモデルの概要	31
3-3-1	土地利用のマクロモデルの全体構成	31
3-3-2	土地利用のマクロモデルにおける業種分類	33
3-3-3	従業者数、人口推計のためのモデル式	34
3-4	サブモデルの構成	36
3-4-1	工業従業者数推計サブモデル	36
3-4-2	業務・商業従業者数推計サブモデル	39
3-4-3	人口推計サブモデル	40
3-5	土地利用のマクロモデルのケーススタディ	42
3-5-1	対象地域とゾーニング	42
3-5-2	データの収集と作成について	42
3-6	モデルのキャリブレーション結果と考察	46
3-6-1	対象地域における活動立地の推移について	46
3-6-2	工業従業者数推計サブモデル	49
3-6-3	業務・商業従業者数推計サブモデル	51
3-6-4	人口推計サブモデル	54
3-7	モデルの予測精度の検証結果と考察	55
3-8	結語	57
	第3章参考文献	60
第4章	土地利用のミクロモデルの構築	62
4-1	概説	62
4-2	従来の研究との関連	62
4-3	土地利用のミクロモデルの概要	67
4-3-1	モデル構築の基本方針	67
4-3-2	土地利用のミクロモデルの全体構成	69
4-4	サブモデルの構成	71
4-4-1	つけ値推計サブモデル	71
4-4-2	立地競争サブモデル	75

4-4-3	立地需要予測サブモデル	78
4-4-4	調整サブモデル	79
4-5	土地利用のマイクロモデルのケーススタディ	81
4-5-1	対象地域とゾーニング	81
4-5-2	データの収集と作成について	81
4-6	モデルのキャリブレーション結果と考察	87
4-6-1	平均つけ値推計式の作成	87
4-6-2	先行立地優先値の推定	91
4-7	モデルの予測精度の検証結果と考察	95
4-8	結語	99
	第4章参考文献	101
第5章	土地利用モデルのシミュレーション分析への適用	103
5-1	概説	103
5-2	シミュレーション分析の前提条件	103
5-2-1	土地利用のマクロモデルとマイクロモデルの関連	103
5-2-2	モデルの動学的適用について	104
5-3	都市圏全域における交通条件の変化に関するインパクト分析	107
5-3-1	土地利用モデルの国際共同研究プロジェクトとの関連	107
5-3-2	インパクト分析における政策シナリオの設定	113
5-3-3	土地利用のマクロモデルの適用結果と考察	114
5-3-4	土地利用のマイクロモデルの適用結果と考察	123
5-4	地域交通網整備のインパクト分析への適用	124
5-4-1	インパクト分析の概要	124
5-4-2	インパクト分析における政策シナリオの設定	127
5-4-3	土地利用のマクロモデルの適用結果と考察	130
5-4-4	土地利用のマイクロモデルの適用結果と考察	138
5-5	結語	141
	第5章参考文献	143

第6章 結 論 144

謝 辭 149

第1章 序 論

1-1 本研究の目的

都市圏内には、産業・経済活動、交通をはじめとして、様々な社会現象が存在し、それらは互いに密接に関連して複雑な都市システムを形成している。都市・地域計画においては、望ましい都市環境を形成するために、交通網整備、公共施設整備、住宅整備などの政策が実施されるが、その際には、各政策が上述の諸現象に及ぼす直接、間接のインパクトをできる限り正確に予測し、所期の計画目標を達成しうる政策を実施しなければならない。

ところで、都市圏における社会現象は、工業、業務、商業、世帯などの都市活動によって営まれる活動の結果であり、その発生形態には都市圏内における都市活動の分布、すなわち土地利用が密接に関係している。したがって、都市・地域計画の策定においては、土地利用の形成メカニズムを明らかにし、種々の政策が土地利用に与えるインパクトを定量的に分析することが必要となる。

本研究では、上述の観点から、1つの都市圏を対象として、都市・地域計画を支援するための実用的な土地利用モデルを開発する。そして、本研究ではこの研究目的を達成するために、以下の3つの課題について検討を行う。

- ① 土地利用モデルを適用する地域として、市区町村程度のゾーンと日常生活圏程度のゾーンの2つを考え、各ゾーンレベルにおける土地利用形成をモデル化するための適切な仮説を提案する。
- ② 提案した仮説にもとづいて土地利用モデルを構築し、実際の都市圏を対象としたケーススタディを通じて、モデルの有効性を検証する。
- ③ 構築した土地利用モデルを種々のシミュレーション分析に適用し、都市・地域計画における実用性を明らかにする。

以上の課題にもとづいて、本研究では、市区町村程度のゾーンと日常生活圏程度のゾーンを対象として、各ゾーンにおける土地利用を予測する2種類のモデルを開発する。また、大阪都市圏を対象とするケーススタディを行い、構築した土地利用モデルの有効性を検討する。

1-2 本研究の構成

本研究は、第1章を含めて6章によって構成されている。

第2章では、土地利用モデル開発に関連する基礎的な考察を行うとともに、本研究で開発する土地利用モデルの特徴を明らかにする。そのために、まず、土地利用の形成メカニズムを考察し、土地利用形成をモデル化する際に考慮すべき内容を検討する。次に、土地利用に関する従来の研究の目的や内容を考察し、本論文で研究対象とする土地利用モデル開発の特徴を明らかにする。また、計画策定における土地利用モデルの位置づけを考察し、計画策定からみた土地利用モデル開発の意義と土地利用モデルが果たす役割を述べる。さらに、従来の代表的な土地利用モデルをとりあげ、その特徴を比較、考察するとともに、モデル開発における課題を明らかにする。最後に、以上の考察結果をふまえて、本研究で開発する土地利用モデルの特徴を述べる。

第3章では、広域な都市圏を対象として、都市圏内の土地利用を2、3の市区町村を統合したゾーン単位で予測する土地利用のマクロモデルを構築する。このモデルは、土地利用の形成メカニズムを、各ゾーンにおける都市活動の立地量やアクセシビリティ指標などのマクロな指標を用いて定式化しており、土地利用を人口、従業者数ベースで予測する。また、大阪都市圏を対象とするケーススタディを行い、モデルの有効性を検討する。

第4章では、都市内の日常生活圏程度のゾーンを対象として、土地利用を土地面積ベースで予測する土地利用のミクロモデルを開発する。このモデルは、狭小なゾーンにおける土地利用を予測の対象としており、個々の土地区画の取引というミクロな立地行動に着目して土地利用の形成メカニズムを定式化している。また、大阪府域を対象とするケーススタディを行い、モデルの有効性を検討する。

第5章では、第3章と第4章で構築した土地利用のマクロモデルとミクロモデルを種々のシミュレーション分析に適用し、各モデルの都市・地域計画における実用性を検討する。まず、仮想的な分析例として、都市圏全域で交通条件が一定の割合で変化する場合の土地利用の変動を予測する。そして予測結果にもとづいて、交通条件の変化と土地利用変動に関する一般的な特徴を考察する。次に、現実のプロジェクト計画として、大阪府泉州地域の交通網整備をとりあげ、交通網整備に関する種々の代替案が都市圏内の土地利用に及ぼすインパクトを分析する。

第6章では、結論として本研究で得られた成果をまとめる。

第2章 土地利用モデルに関する基礎的考察

2-1 概説

本章では、土地利用モデルの開発に関連するいくつかの基礎的考察を行い、土地利用モデル開発の意義と課題を明らかにする。また、考察結果をふまえて、本研究で開発する土地利用モデルの特徴を述べる。

以下、まず2-2では、土地利用の形成に係わる要因を分類するとともに、土地利用の形成メカニズムを考察する。次に、2-3では、土地利用モデルと関連する分野における土地利用研究の目的や方法を考察し、本論文で研究対象とする土地利用モデル開発の特徴を明らかにする。2-4では、従来の計画策定プロセスの概念と其中で土地利用モデルが果たす役割を述べる。2-5では、従来の代表的な土地利用モデルをとりあげ、その特徴を比較する。2-6では、2-5の検討結果をふまえて、本研究で構築する土地利用モデルの特徴を述べる。最後に、2-7では、本章で得られた研究成果をまとめる。

2-2 土地利用の形成メカニズムに関する考察¹⁾

2-2-1 土地利用の形成要因

都市における土地利用の構成を見ると、そのほとんどは、工業、業務、商業、住宅などの都市活動によって利用されている空間と、鉄道、道路などの交通施設や公共施設などの都市施設によって占有されている空間に大別することができる。この中で、都市内の土地利用形成において重要な役割を果たしているのは、都市活動による立地である。そして、都市活動の立地過程には、様々な要因が影響を与えている。たとえば、上述の都市施設は、都市内の立地条件を構成する要素の1つであり、その整備水準は都市活動の立地に大きな影響を及ぼす。また都市施設以外にも、土地利用規制や土地に対する税制などの法律、制度上の要因も、都市活動の立地に影響を与える。

このように、土地利用の形成には種々の要因が関係しているが、ここでは各要因を政策との関連に着目して図2-1のように分類する。まず、政府や地方自治体の政策との関連の有無により「政策要因」と「政策外要因」に大別する。さらに、政策要因は、政策を決定する行政機関に着目して、「地域内政策要因」と「地域外政策要因」の2種類に分類する。以下に、地域内政策要因、地域外政策要因、政策外要因のそれ

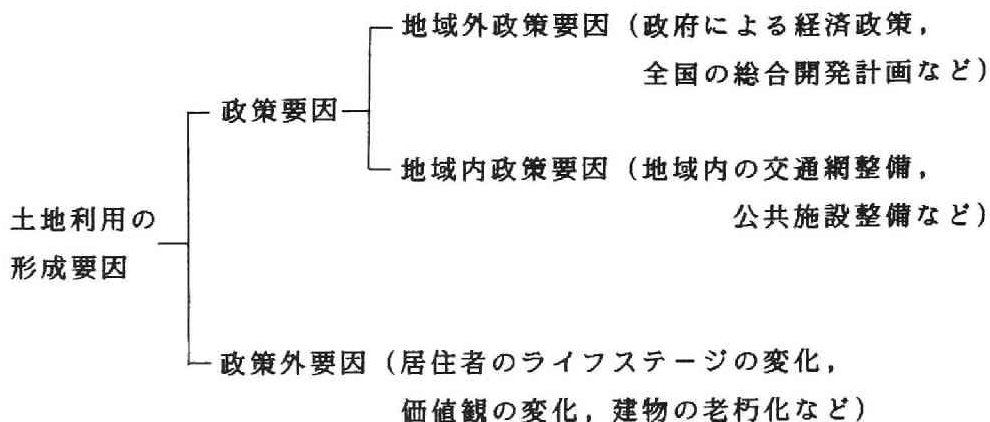


図2-1 土地利用の形成要因の分類

それぞれについて、各要因の内容と土地利用形成との関連を述べる。

① 地域外政策要因

この要因には、政府による経済政策、全国規模の総合開発計画など、政府レベルで決定される政策が含まれる。これらの要因は、都市圏内の各地区の立地条件を変化させる以外に、大規模な公共事業や新たな産業の配置などを通じて、都市圏全体に対する都市活動の立地需要や土地供給を変化させることによって、土地利用に影響を与える。

② 地域内政策要因

この要因としては、都市圏内における交通施設整備、学校、公園などの公共施設整備、都心部の再開発、土地利用規制などをあげることができる。これらの要因は、主として地方自治体レベルでの政策に関連している。そして、各政策の実施によって都市圏内の各地区の立地条件を変化させ、各活動主体にとって土地の魅力度が変化することによって、土地利用の形成に影響を与える。

③ 政策外要因

この要因は、①や②のように、都市活動の立地行動に対して外部から与えられるインパクトではなく、都市活動主体や土地、建物の属性が変化することによって生じる要因である。たとえば、地域内の居住者のライフステージの変化、価値観の変化、建物の老朽化による住み替え需要の発生などがあげられる。これらの

要因は、一般には政策とは関連せず、既存の都市活動主体や土地建物の属性が時間の経過とともに変化し、各都市活動主体の立地選好と現実の立地との間に不均衡が生じることによって土地利用に影響を与える点に特徴がある。

以上で述べたように、土地利用の形成には様々な要因が影響している。したがって、都市・地域計画の策定においては、まず各種都市活動の立地メカニズムを分析し、上述の諸要因が各都市活動の立地に及ぼす影響をふまえたうえで、適切な計画の立案と実施を行う必要がある。

2-2-2 土地利用の形成メカニズム

現実の土地利用形成のメカニズムは複雑であるが、土地利用の変化は、単純化すれば、2-2-1の各要因によって引き起こされた土地利用へのインパクトが、土地市場のメカニズムを通じて調整されることによって生じると考えることができる。そして、この変化の過程は、図2-2に示すようにまとめることができる。

図2-2は、 $t-1$ 時点～ t 時点の一定期間(τ 期とする)における土地利用の変化を考えている。まず、 τ 期中における地域外政策要因や地域内政策要因の影響により、都市圏に対する立地需要や都市圏内の立地条件が変化する。また、 τ 期中の政策外要因も、活動主体の属性や土地、建物の属性の変化を通じて、住み替えなどの立地需要を発生させる。そして、これらの変化は、需要側および供給側の活動主体の立地行動のパターンを変化させる。さらに、変化した行動パターンにもとづいて、地域内の土地に対する需要量と供給量が決定されるが、これらは土地市場での需給調整を経て t 時点の土地利用となる。需給調整の過程においては都市活動主体間で立地競合が生じ、各都市活動主体の地価や地代の負担力に応じて土地の需給が調整され、新たな土地利用と地価や地代の分布が決定される。

また、以上の考察から、土地利用の形成過程をモデルする際には、土地利用の形成要因と活動主体の立地行動との関係、土地市場における需給メカニズム、活動主体の立地行動や土地市場の需給メカニズムの経年的変化、の諸点を考慮することが必要と考えられる。

2-3 土地利用モデルと関連研究

本研究で開発する土地利用モデルは、都市圏における土地利用に関する現象を数学的モデルを用いて定式化し、都市・地域計画のためのシミュレーション分析を行うことを目的とする。このようなモデルは、欧米では実用的都市モデル (Operational

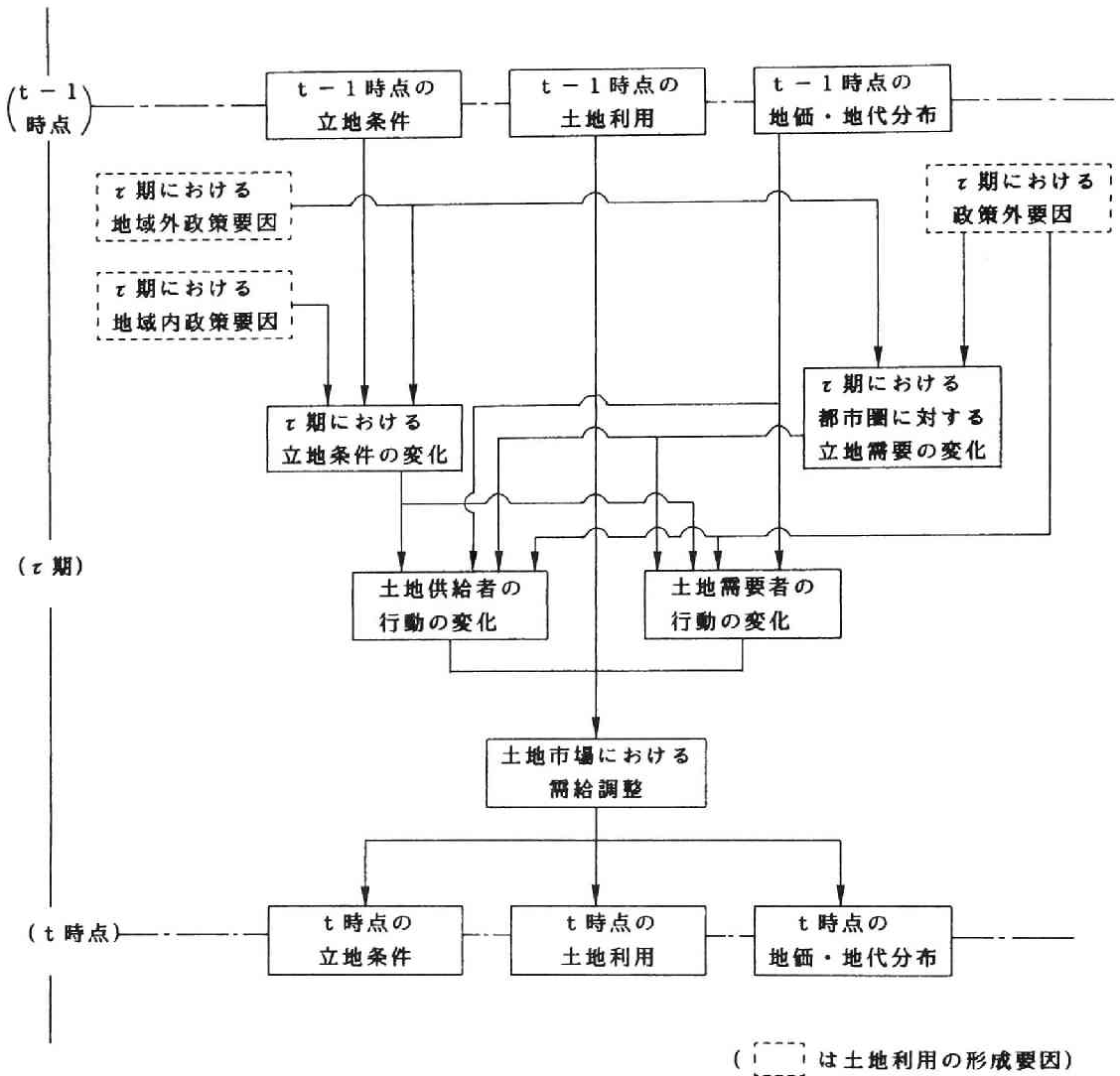


図2-2 土地利用の形成メカニズムの説明図

Urban Model) ともよばれ、1950年代末に米国において最初に開発された。そして、今日までに様々な土地利用モデルが開発されているが、そのほとんどは都市・地域計画に適用して有用な情報を得ることを目的としており、その意味において実用的なモデルである。

土地利用モデルは、一般には、都市における土地利用の分布や都市活動の空間的相互作用を予測するために開発される。土地利用としては、工業地、商業地、住宅地などの土地利用面積以外にも、人口や従業者数の分布、製品出荷額や商品販売額の分布など、都市活動の立地水準に関する種々の指標が用いられる。また、空間的相互作用としては、ゾーン間のトリップ数、都市圏内での製品や商品の取引などが予測の対象となる。

土地利用モデルには様々なタイプのものがあるが、一般的な特徴としては次の4点が挙げられる。²⁾

- ① モデルによって、土地利用に関する定量的な分析を行うこと。
- ② モデルは、実際の都市のデータを用いて構築されていること。
- ③ モデルの対象地域が空間的に細分化されていること。
- ④ 都市内の様々な経済活動が、計画の実施によって受けるインパクトを予測できること。

もちろん、都市地域は様々な要素から構成されている複雑なシステムであり、単純な土地利用モデルによって、都市におけるすべての社会現象を記述できるわけではない。しかし、単純化されているとはいえ、土地利用モデルによって計画策定に必要とする主要な都市現象を把握するためのシミュレーションを行うことができ、現実の都市地域では実施できない様々な政策実験を行うことができる。そして、プランナーは、土地利用モデルによる分析を通じて計画対象地域に関する理解を深めるとともに、計画策定に有用な様々な情報を得ることができる。このように、土地利用モデルの開発は政策指向的な目的にもとづいている。

都市における活動の立地や空間的相互作用に関する研究は、最初の土地利用モデルが出現する以前にも、経済学や地理学の分野において進められてきた。たとえば、Thünen, Christaller, Weber などの立地論, Reilly の小売グラビティ法則, Clark の人口分布に関する研究などは、土地利用に関する先駆的研究として重要である。しかし、これらの研究のほとんどは、学問的な知見を得ることを目的としており、土地利用モデルの開発とは研究目的を異にするものである。

また、経済学では、交通問題、住宅問題、環境問題など、現在の都市が抱える様々な問題に対処するため、都市経済学の分野が開拓されている。都市経済学の研究は、

新古典派の経済理論と結びついて新都市経済学 (New Urban Economics)ともよばれるようになり、1960年以降、Alonso, Wingo, Muth, Millsなどによって、都市における立地と土地利用に関する数多くの重要な研究が行われている³⁾。新都市経済学の研究は、単一中心都市、土地の同質性などの単純化されたフレームワークの中で厳密な理論展開を行い、土地利用をはじめとする都市地域の社会現象を説明する点に特徴がある。その研究成果から、都市問題を理解するうえで数多くの重要な示唆が得られているが、単純化の仮定のため、都市・地域計画を支援する手段としては必ずしも十分に利用されていない。

以上の都市経済学や地理学における研究は、先に述べた土地利用モデルの開発とは目的や方法を異にしている。しかし、これらの分野での理論、実証の両面における研究成果は、土地利用モデルの開発と応用に多大な影響を及ぼしてきた。青山が述べているように、経済学や地理学における研究は、土地利用モデル開発についての教養あるいは基礎科学と位置づけることができる。

2-4 土地利用モデルと計画策定

2-4-1 計画策定プロセスの概念^{5),6)}

2-3で述べたように、従来の土地利用モデルの多くは、都市・地域における計画策定を支援するために開発されたものである。そこで、本節では計画策定の概念と土地利用モデルとの関連を考察し、土地利用モデル開発の意義を明らかにする。

計画策定における合理的な意思決定の方法は、Geddesによって最初に考案されたといわれる。Geddesの概念は、図2-3に示すように、計画策定プロセスを、調査(Survey)、分析(Analysis)、計画(Plan)の3段階に区分し、「調査→分析→計画」という一定の手順に従って、問題解決のための計画案を策定するというものである。

まず「調査」の段階では、都市・地域の現状が調査される。次に「分析」の段階では、調査結果にもとづいて現状の問題点への対処方法を検討する。最後に、「計画」の段階では、分析の結果を用いて計画の立案と実施を行う。

Geddesによる計画策定の概念は、都市・地域計画に対する要請が単純で、唯一の計画案が主として直観的な方法によって作成されていた時代には十分有効であった。しかし、第2次世界大戦後の都市の急速な発展にともなって社会や経済が複雑化し、都市・地域計画の内容が多様化してくると、「調査→分析→計画」という単純な概念では不十分となってきた。また、この時期に開発と応用が進んだオペレーションズ・リサーチやサイバネティクスなどの新たな手法は、複雑な社会経済現象を理解し、制

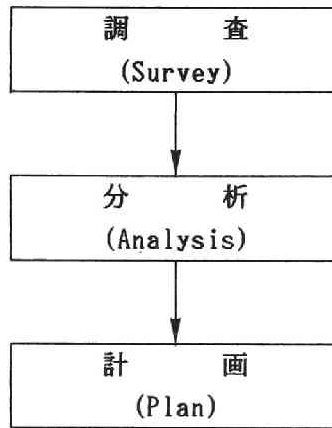


図 2 - 3 Geddesによる
計画策定の概念

御してゆくうえで有効な手段を提供した。特に、1948年に Wiener によって提案されたサイバネティクスの概念は、計画策定の方法論に大きな影響を与えた。サイバネティクスでは、自然科学や社会科学における現象を、様々な要素が複雑に影響し合うシステムとして捉え、適切な制御メカニズムを導入することによりシステムの挙動を制御しようとする。そして都市・地域計画の分野では、サイバネティクスの概念を基礎として、システムズ・アプローチにもとづく計画策定の方法が提案された。

システムズ・アプローチにもとづく計画策定の概念では、計画の構成要素を都市・地域における社会経済システムと、社会経済システムを制御する計画システムの2つに区別し、計画策定プロセスを両者の相互作用の過程として捉える。そして、プランナーは、計画システムを通して、都市・地域の社会経済システムを制御しようとする。システムズ・アプローチにもとづく計画策定の概念は、McLoughlin, Chadwick, Wilson などによって提案されているが、図2-4に McLoughlinの概念による計画策定プロセスの構成を示す。図2-4では、以下の手順に従って計画策定が行われる。

- ① プランナーは、計画が達成すべき目標(goals)を決める。そして、計画目標にもとづいてより詳細な計画の目的(objectives)を定める。
- ② 社会的、経済的、技術的な制約条件を考慮したうえで、実行可能な計画代替案を作成する。
- ③ 計画代替案の実施による効果を、モデルを用いて予測する。

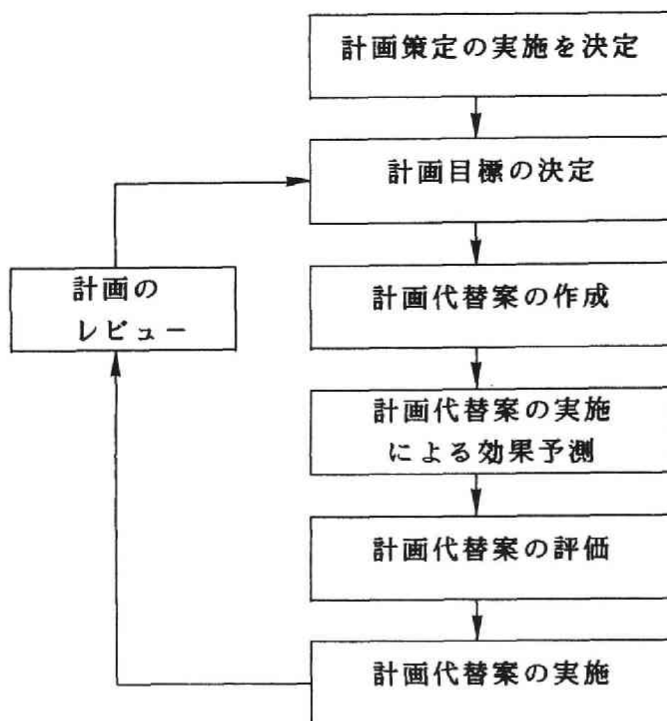


図2-4 McLoughlinによる
計画策定の概念

- ④ 計画代替案の評価を、計画目的や資源の利用可能性に着目して行う。代替案評価の際には、費用便益分析などの評価手法を適用する。
- ⑤ 評価結果にもとづいて選択した代替案を実施する。
- ⑥ 代替案の実施後、レビューを行い、計画が初期の目標を達成しているかどうかをチェックする。そして、目標が達成されていなければ、以上の計画策定プロセス全体を繰り返す。

図2-4のプロセスにおける特徴の1つは、唯一の計画案を作成するという従来の概念が、複数の可能な計画代替案を作成し、その中から最善の代替案を選択するという概念に変化していることである。これは、どのような問題に対しても、解決のためには多数の計画案の作成が可能であるとの認識にもとづいており、その結果、計画策定プロセスでは、「計画代替案の作成」と「計画代替案の評価」の2つのステップが重要となった。また、計画案の実行は都市・地域における社会経済システムの状態を

変化させるため、計画策定プロセス全体はフィードバックループをもち、最終的に望ましい状態になるまでプロセス全体が繰り返される。そして、システムズ・アプローチでは、計画の実施による社会経済システムの挙動を知るために都市・地域における社会経済システムのモデル化が必要となり、計画策定の際に土地利用モデルが重要な役割を果たすこととなった。

2-4-2 計画策定における土地利用モデルの役割

土地利用モデルは、図2-4の計画策定の各段階における分析や意思決定を支援するために様々な情報を提供する。計画策定プロセスにおける土地利用モデルの用途としては、一般には、表2-1に示す「インパクト分析」、「問題点の認識」、「計画代替案の作成」、「計画代替案の選択」の各内容が考えられる⁷⁾。また、土地利用モデルが適用される計画の内容も、基本計画や総合計画のような戦略的計画から、ショッピングセンター建設のインパクト分析のような個別的な計画に至るまで、広範囲にわたっている。

このように、土地利用モデルの適用対象は多様であるため、計画策定において開発すべき土地利用モデルの種類や規模は、モデルが適用される計画の内容を十分に考慮して決定する必要がある。1960年代の米国における土地利用モデルの開発では、種々の計画策定に適用しうる万能なモデルの開発を目的として、活動主体やゾーニングを細分化した大規模な土地利用モデルの開発が行われた。しかし、その多くはデータ収集やモデルの開発費用などの面で困難に陥り、途中で開発が断念された。1960年代の土地利用モデル開発については、Lee⁸⁾、Boyce⁹⁾、Pack¹⁰⁾などによって批判と再検討が行われているが、モデル開発の失敗は、一つには、計画策定における土地利用モデルの役割やモデル開発の限界が十分に認識されていなかったことによるものである。

土地利用モデルの開発にあたっては、まずモデルを適用する計画の目的と内容を明確化し、モデルの適用上および開発上の制約をふまえたうえで、適切な土地利用モデルを決定することが必要である。たとえば、Hall¹¹⁾は、土地利用モデルの開発において留意すべき事項として、次の3点をあげている。

- ① モデルはどのような問題に答えることを目的とするのか。
- ② 計画策定者が制御しうる変数は何か。
- ③ モデル開発における制約は何か。(たとえば、利用可能なデータ、モデル開発の技術、利用可能な計算機の容量など。)

表2-1 計画策定における土地利用モデルの用途

モデルの用途	用途の概要
インパクト分析	作成した計画代替案が都市・地域の土地利用に及ぼすインパクトを予測するために、土地利用モデルを利用する。これは、図2-4の計画策定プロセスでは、「計画代替案の実施による効果予測」に関連する用途である。インパクト分析の方法としては、前後比較法や有無比較法などを適用することができる。従来の計画策定では、土地利用モデルをインパクト分析の手段として利用している例が多い。
問題点の認識	現在の交通網や都市施設整備水準、あるいは過去に作成された計画案のもとで将来の土地利用を予測し、現状の都市施設の問題点や過去に作成された計画案の問題点を分析する。さらに問題点の原因を探り、今後の計画代替案作成の指針とする。この用途は、図2-4では、「計画目標の決定」の段階に対応している。
計画代替案の作成	計画によって達成すべき目標水準をあらかじめ設定し、その目標水準を達成しうる計画案を土地利用モデルを用いて作成する。たとえば、交通網の整備水準と土地利用規制を政策変数として、望ましい居住水準をもたらすような政策変数の組合せを検討する。ここでは、計画代替案を作成するために土地利用モデルを利用しており、図2-4の計画策定プロセスでは、「計画代替案の作成」段階に関連している。
計画代替案の選択	土地利用モデルによって提供される情報にもとづいて、計画代替案を選択し、実行する。この用途は、図2-4では、「計画代替案の評価」の段階に対応している。実際には、計画代替案の選択を土地利用モデルによる予測結果のみにもとづいて行うことは困難であり、他の分析から得られる様々な情報と組合せて利用される。また、計画案の選択の際には数多くの情報が利用されるため、種々の評価手法を適用して情報の整理と集約化が行われる。

2-5 従来の土地利用モデルの比較と考察

2-5-1 土地利用モデルの比較基準

土地利用モデルは、従来より世界各地で開発されており、様々なタイプのものがある。そして、これまでに数多くの研究者によって、土地利用モデルの比較が試みられている。たとえば、欧米では、Kilbridge・O'Block・Teplitz, Lowry, Batty, Mohan, Foot¹²⁾などによる研究があり、¹³⁾ 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 我国でも、林・宮本、宮本・中村・清水、青山、戸田らによって、従来の土地利用モデルのレビューが行われている。土地利用モデルの比較は、既存の土地利用モデルの特徴を明らかにするだけでなく、計画策定においてどのような土地利用モデルが有用であるかを考察するうえでも重要である。

従来の研究では、モデルの予測対象、モデルの立脚する理論、モデル化の手法などにもとづいて、土地利用モデルの比較を行っている場合が多い。たとえば、Kilbridge²¹⁾らは、「対象(Subject)」、「機能(Function)」、「理論(Theory)」、「手法(Method)」の4種類の比較基準を設定し、表2-2に示す内容にもとづいて土地利用モデルの比較を行っている。またBatty^{22),23)}は、比較基準を「モデル化される都市システムの捉え方」と「モデル構築の方法」に大別し、表2-3に示す二分法的な分類にもとづいて、土地利用モデルの特徴を比較している。

本研究では、2-2で考察した土地利用の形成メカニズムをふまえて、土地利用モデルを構築する際に基本的な視点となる次の3つの内容を基準として、従来の土地利用モデルを比較考察する。

① 土地市場における需給メカニズム

土地利用形成の基本となる、土地市場における需要と供給の形成メカニズム、需給の調整過程をどのようにモデル化しているか。

② 活動主体の立地行動基準

モデル化の対象とする活動主体の立地行動をどのように定式化しているか。

③ モデルの動学化

モデルの動学的適用への考慮がどのように行われているか。

以上の比較基準のうち、「活動主体の立地行動基準」は、表2-2のKilbridgeらによる基準では「理論」、表2-3のBattyによる基準では「集計的モデル-非集計的モデル」に対応する。また、「モデルの動学化」は、表2-3の「静学的モデル-動学的モデル」と同一である。「土地市場における需給メカニズム」は、表2-2と表2-3の比較基準には直接対応しないが、モデルの総合性という内容に解釈するならば、表2-3のBattyによる基準のうち、「総合的モデル-部分的モデル」に該当する。

表2-2 Kilbridgeらによる
土地利用モデルの比較基準

比較基準	比較内容
対 象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地利用 ・ 人 口 ・ 交 通 ・ 経 済 活 動
機 能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予 測 ・ 配 分 ・ 変 換
理 論	<ul style="list-style-type: none"> ・ 行 動 モ デ ル ・ 成 長 予 測
手 法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計 量 経 済 学 的 手 法 , 確 率 的 手 法 ・ 数 理 計 画 法 ・ シ ミ ュ レ ー シ ョ ン

表2-3 Batty による土地利用モデルの比較基準

比較基準	モデル分類	
都市システムの 捉え方	実証的モデル	規範的モデル
	総合的モデル	部分的モデル
	静学的モデル	動学的モデル
	集計的モデル	非集計的モデル
モデル構築の 方法	線形モデル	非線形モデル
	直接決定型モデル	間接決定型モデル
	連続型モデル	離散型モデル

2-5-2 従来の土地利用モデルの比較

次に、従来の代表的な土地利用モデルとして、表2-4の8種類のモデルをとりあげ、2-5-1で提案した比較基準に基づいて、各モデルの特徴を比較、考察する。

表2-5に、土地市場の需給メカニズム、活動主体の立地行動基準、モデルの動学化のそれぞれについて、各モデルの特徴をまとめる。また、以下に各土地利用モデルの比較結果を述べる。

① 土地市場における需給メカニズム

土地利用の形成メカニズムは、一般には土地市場における需要側の行動と供給側の行動の2つに大別して考えることができる。従来の土地利用モデルでは、需要側の行動を精緻に扱っているモデルが多い反面、供給側は利用可能面積や人口密度の制約条件として、簡略化して扱っているものが多い。これは、供給側を考慮することによってモデルが複雑化すること、また従来の土地利用モデルでは行政ゾーン程度の比較的大きなゾーン単位の土地利用を分析対象とすることが多く、需要主導型のモデルでも現象を十分に説明できることなどに起因している。

しかし、計画策定において土地利用の供給側の行動を考慮することは重要であり、土地市場における供給側の行動をモデル化する試みも行われている。たとえば、BASSモデル、NBERモデル、Echeniqueモデルなどはその例である。BASSモデルでは、住宅立地サブモデルにおいて、雇用増分によって生じた総住宅需要量と、人口密度や利用可能面積などを用いて求めた住宅供給可能量を比較し、新築住宅量を決定している。NBERモデルでは、住宅の需要と供給の形成メカニズムを個人の行動にまでさかのぼってモデル化し、住宅需給の均衡を総通勤費用を最小化する線形計画法を適用して求めている。また、Echeniqueモデルでは、各ゾーンにおける床の需要量と供給量を立地魅力度や立地効用にもとづいて推計し、床のレントを調整することによって需給を均衡させている。

② 活動主体の立地行動基準

土地利用の形成は、本来は個々の世帯や企業などの立地行動の結果として説明されるミクロな現象である。しかし、実用的な土地利用モデルを開発する場合、対象地域内のすべての活動主体の立地行動をモデル化し、シミュレーションにおいて再現することは不可能である。そこで、従来の土地利用モデルのほとんどは、集計データを用いてマクロな視点からモデル構成を行っている。しかし、活動主体やゾーニングを細分化しモデルを精緻化する場合、個々の活動主体の立地行動における特色をふまえて立地行動基準を定式化し、モデルの中で明示的に扱うことは重要と考えられる。また、近年の都市の変貌は急激なうえに変化に富んでお

表2-4 考察の対象とする土地利用モデル

土地利用モデル	作成者	発表年	対象地域
Lowry ²⁴⁾	Lowry, I.S.	1964年	ピッツバーグ都市圏
EMPIRIC ²⁵⁾	Hill, D.M. 他	1966年	ボストン都市圏
TOMM ²⁶⁾ (<u>Time-Oriented</u> <u>Metropolitan Model</u>)	Crecine, J.P.	1968年	ピッツバーグ都市圏
PLUM ²⁷⁾ (<u>Projective Land</u> <u>Use Model</u>)	Goldner, W.	1968年	サンフランシスコ 湾岸地域
BASS III ²⁸⁾ (<u>Bay Area</u> <u>Simulation Study</u>)	Wendt, P.F. 他	1968年	サンフランシスコ 湾岸地域
NBER ²⁹⁾ (<u>National Bureau of</u> <u>Economic Research</u> <u>Urban Simulation Model</u>)	Ingram, G.K. Kain, J.F. Ginn, J.R.	1972年	デトロイト都市圏 ピッツバーグ都市圏 シカゴ都市圏
Echenique ³⁰⁾	Echenique, M.H. 他	1978年	サンパウロ都市圏 サンチアゴ都市圏 ビルバオ都市圏 他
CALUTAS ^{31), 32)} (<u>Computer Aided Land</u> <u>Use Transportation</u> <u>Analysis System</u>)	中村英夫 林 良嗣 宮本和明	1981~83年	首都圏 岡山県南都市圏 バンコック都市圏

注) 各モデルの発表年次は、参考文献の刊行年次にもとづく。

表2-5 従来の土地利用モデルの特徴

		Lowry	EMPIRIC	TOMM
需 給 メ カ ニ ズ ム	需 要	経済基礎メカニズムにもとづいて基幹産業の従業者数から非基幹産業の従業者数と人口を求める。	5本の線形式によって、2タイプの人口と3業種の従業者数の各ゾーンへの配分率を推計する。	Lowryモデルと同様に、経済基礎メカニズムにもとづいて、従業者数と世帯数を求める。
	供 給	各ゾーンに、利用可能地、人口密度の上限、非基幹産業の従業者数の下限値の制約条件を設ける。	立地制約などは考慮していないが、説明変数の中に人口密度、従業者密度などの要因を含んでいる。	Lowryモデルと同様の制約条件を設けている。
	需 給 調 整	供給側の制約条件の範囲内で、従業者数と人口を各ゾーンに配分する。	外生的に与えられる従業者数と人口のコントロールトータルを、推計した配分率にもとづいて各ゾーンに配分する。	供給側の制約条件の範囲内で、従業者数と人口を各ゾーンに配分する。
活 動 主 体 の 基 準	グラビティタイプの配分関数によって需要量を各ゾーンに配分する。各活動主体の立地行動基準は明確ではない。	各活動の配分率は集計量間の経験的な関係にもとづいて推計されるため、活動主体の立地行動基準は明確ではない。	Lowryモデルと同様の配分関数を用いるが、各ゾーンに立地するタイプ別世帯数にもとづいて世帯タイプによる立地選好の差異を考慮している。	
モ デ ル の 学 化	予測年次の都市圏全体の基幹産業従業者数にもとづいて、非基幹産業の従業者数と人口を求める静学的な均衡モデルである。	一定期間中の配分率の変化を推計するが、予測年次の人口、従業者数のコントロールトータルは外生的に与える必要がある。	基準年次と予測年次の間に生じる立地需要の変化量を配分する疑似動学的モデルである。	

表2-5 従来の土地利用モデルの特徴（続き）

		PLUM	BASS III	NBER
需 給 メ カ ニ ズ ム	需 要	Lowryモデルと同様に、経済基礎メカニズムにもとづいて、従業者数と世帯数を求める。	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用と人口の予測セクターにおいて、予測年次の対象地域全体の雇用数と人口を求める。 ・雇用配分セクターにおいて業種別の配分モデルによって、上記の雇用数を各ゾーンに配分する。 ・人口配分セクターにおいて、住宅需要ポテンシャルによって所得タイプ別、世帯タイプ別に人口を配分する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅タイプ別の新規住宅需要世帯数を従業地別に求める。 ・住み替えによる住宅需要の増加を考える。
	供 給	Lowryモデルと同様の制約条件を設けている。	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用については、各ゾーンにおける立地要因の有無によって利用可能地をあらかじめ決めておく。 ・住宅については、住宅可能用地、人口密度、雇用密度などにもとづいて、所得タイプ別、世帯タイプ別に住宅供給可能量を決定しておく。 	<ul style="list-style-type: none"> ・住み替えによる空家の発生を考慮している。 ・住宅供給者は利潤最大化を目的として、建築可能制約、需要量制約、利潤制約などを考慮して住宅を建設する。
	需 給 調 整	供給側の制約条件の範囲内で、従業者数と人口を各ゾーンに配分する。	雇用増分によって生じた所得タイプ別、世帯タイプ別、地区別の総住宅需要量と住宅供給可能量を比較し、需要量が供給可能量以下の時は需要に見合う住宅が建設され、供給可能量以上の時は他のゾーンに再立地させる。	住宅タイプ別の住宅需要世帯数（従業地ベース）と利用可能総住宅数（居住地ベース）を制約条件として、総通勤費最小化のLP問題を解くことによって需給を均衡させる。
	活 動 地 主 体 動 基 準	Lowryモデルと同様の配分関数を用いるが、トリップ目的別に異なる交通抵抗パラメータを設定している。	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用の配分は立地スコアが最大のゾーンから行う。 ・住宅需要は、住宅需要ポテンシャルによって配分する。 <p>個々の都市活動の立地行動基準はあまり明確ではないが、立地選好に関する多様な要因が考慮されている。</p>	住宅供給者の利潤最大化、世帯の効用最大化などのミクロな立地行動基準を考慮している。
	モ デ ル 学 化	PLUMは Lowryモデルに類似した静学的なモデルであるが、擬似動学的モデルとして拡張した PLUM-IPが開発されている。	雇用と人口の予測セクターで推計される雇用と人口の変化分を配分する擬似動学的モデルである。	外生的に与える雇用の増分にもとづいて住宅立地を予測する擬似動学的モデルであるが、住宅価格を内生化している点で動学化が最も進んでいる。

注) NBERモデルはデトロイトプロトタイプモデルにもとづく内容を記載した。

表2-5 従来の土地利用モデルの特徴（続き）

		Echenique	CALUTAS
需 給 メ カ ニ ズ ム	需 要	<ul style="list-style-type: none"> 対象地域全体の工業従業者数と世帯の所得は地域モデルによって推計する。世帯数とサービス従業者数は経済基礎メカニズムにもとづいて推計する。 各ゾーンにおける床面積の需要量は、ゾーンの立地魅力度や立地効用にもとづいて推計する。 	工業立地モデル、商業・業務立地モデル、住宅立地モデルの3つのサブモデルによって構成されている。各モデルは、それぞれ異なる概念にもとづいて立地需要を推計している。
	供 給	床面積の供給量は、各ゾーンの立地魅力度にもとづいて推計される。	都市圏全体の立地需要をコントロールトータルとして与え、上述の立地需要にもとづいて各ゾーンに配分する。この際、供給側の制約条件は特に考慮していない。
	需 給 調 整	床のレントを調整することによって、床面積の需要量と供給量を均衡させる。	都市圏全体の立地需要をコントロールトータルとして与え、上述の立地需要にもとづいて各ゾーンに配分する。
活 動 地 主 体 動 の 基 準	<ul style="list-style-type: none"> 工業従業者数はアクセシビリティ、土地の利用可能性などを説明変数とする立地魅力度にもとづいて配分する。 世帯とサービス業については、Alonsoの立地理論を応用して、交通費、土地の利用可能性などを説明変数とする効用関数を設定しており、効用最大化などのミクロな立地行動基準が考慮されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 工業立地モデルはアンケート調査にもとづいて構築されており立地選好に関する多様な要因を考慮している。 商業・業務立地モデルは集計タイプのモデルのため、活動主体の立地行動基準は不明確である。 住宅立地モデルは地価分析を通じて設定した立地余剰を立地選好の指標としており、立地行動基準が明確化されている。 	
モ デ ル 学 化	地域モデル、土地利用モデル、交通モデル、評価モデルの4つのモデルによって構成されており、各モデルを時間軸に沿って繰り返し適用する擬似動学的モデルである。	予測年次の人口、従業者数をコントロールトータルとして外生的に与えて、都市圏内の土地利用を予測する擬似動学的モデルである。	

注) CALUTAS はCALUTAS/TOKYO にもとづく内容を記載した。

り、従来の経験的なモデルは必ずしも十分ではない。そこで、立地行動基準を明示的に考慮することによって、土地利用の形成メカニズムをきめ細かく説明するモデルが求められている。

表2-4のモデルのうち、Lowryモデルは、集計量間に成り立つ経験的な関係にもとづいてモデルが構築されており、活動主体の立地行動の多様性は考慮されていない。しかし、Lowry 以後の各モデルでは、活動主体の細分化とともに立地魅力度の定式化に際して種々の要因が考慮されており、立地行動の多様性をモデル化する試みが行われている。たとえば、TOMMモデルでは、各ゾーンに立地するタイプ別の世帯数によって世帯の立地選好の差異を考慮している。また、BASSモデルでは、雇用配分において立地スコア の概念を導入し、立地魅力度に関する種々の要因を考慮している。

さらに、NBERモデル、Echeniqueモデル、CALUTAS のように活動主体のミクロな立地行動基準を明示的に扱った土地利用モデルも開発されている。NBERモデルでは、住宅市場の需給メカニズムをミクロな視点からシミュレートするが、その際に需要側の効用最大化、供給側の利潤最大化などの立地行動基準を考慮している。Echenique モデルでは、世帯とサービス業に対してAlonsoの立地理論を応用した効用関数を設定しており、立地配分の際に効用最大化の行動基準が考慮されている。CALUTAS では、上位モデル中の住宅立地モデルと下位モデルの局地立地モデルにおいて、地価分析を通じて設定した立地余剰の最大化を活動主体の立地行動基準としている。

③ モデルの動学化

都市における土地利用は、時間の経過とともに連続的に変化している。したがって、土地利用モデルは、都市内の土地利用の動的な挙動を記述し、任意の時間断面の土地利用を予測しうることが望ましい。しかし、そのためには、土地市場における需給量の経年的変化、活動主体の立地行動基準の変化、長期予測におけるモデル構造の安定性、などの多くの問題に対処しなければならない。そこで、従来の土地利用モデルでは、一定の仮定のもとで擬似動学的(quasi-dynamic)モデルとして適用を行う場合が多い。たとえば、欧米でLowryモデルの発展形として開発されたTOMM、PLUM-IP などのモデルでは、各期における立地需要の増分を外生的に与え、キャリブレーション時点でのモデル構造がそのまま将来にも当てはまるものとして、土地利用を予測している。一方、住宅立地モデルではあるが、NBERモデルはモデルの中心の変数である地代が内生化されており、モデルの動学化という面では最も進んだモデルと言える。しかし、実際の適用結果において

は、モデルの安定性にまだ問題点が残されている。³³⁾

以上のように、土地利用モデルの動学化は非常に難しい問題であり、データの制約、予測結果の安定性などの問題から、各モデルとも擬似動学的適用にとどまっているのが現状である。

2-6 本研究で構築する土地利用モデルの特徴

本研究では、第3章と第4章において、土地利用のマクロモデルと土地利用のミクロモデルという2種類の土地利用モデルを構築する。各モデルは、予測の対象とする都市活動、ゾーニングを異にしており、適用対象の特性に応じた仮説にもとづいて作成されている。表2-6に、各モデルの適用対象地域とゾーニング、予測の対象とする都市活動の種類を示す。また、表2-7に、2-5-1で提案した比較基準に合わせて、土地市場における需給メカニズム、活動主体の立地行動基準、モデルの動学化のそれぞれについて、各モデルの特徴をまとめる。

まず、第3章で構築する土地利用のマクロモデルは、広域都市圏を対象として、2、3の市区町村からなる比較的大きなゾーン単位の土地利用を、従業者数、人口ベースで予測するモデルである。この際、広域な都市圏における土地利用を予測の対象とすることから、各ゾーンにおける都市活動の立地量やアクセシビリティ指標などのマクロな指標を用いて、土地利用の形成をモデル化している。また、マクロなレベルの土地利用形成では、各活動主体に対する土地の利用可能性などの供給側の条件は、需要側の関係に比べるとあまり重要ではないと考え、モデル構造の簡略化の意味から供給側は特にモデル化せず、需要主導型のモデルを開発している。

次に、第4章で構築する土地利用のミクロモデルでは、日常生活圏程度のゾーンを単位として、各ゾーンの土地利用を土地面積ベースで予測する。このモデルでは、狭小なゾーンの土地利用を予測の対象とすることから、土地利用の形成を各活動主体による土地区画の取引というミクロな立地行動に着目して定式化している。そして、各土地区画における既存の立地主体と新規に立地を希望する活動主体の土地取引をつけ値の概念を用いてシミュレートする。また、ミクロなレベルでの土地利用形成では、各活動主体の立地行動の多様性や各活動主体に対する土地の利用可能性を考慮する必要があると考えて、土地市場における需要者と供給者の関係や各活動主体の立地行動基準をモデル中で明示的に扱っている。

また、本研究で開発する土地利用モデルは、実際の都市・地域計画に適用可能な実用的モデルをめざすものである。そこで、第5章では各モデルを交通条件の変化に関

表2-6 本研究で構築する土地利用モデルの概要

土地利用モデル	対象地域とゾーニング	予測の対象とする活動
土地利用の マクロモデル (第3章)	大阪都市圏, 174市区町村を統合した 39ゾーン	工業6業種, 業務・商業6業種 の従業者数と人口
土地利用の ミクロモデル (第4章)	大阪府域, 約8000個の 500m x 500mメッシュを 統合した 810ゾーン	工業, 商業, 住宅, 農業 の4種類の土地利用面積

表2-7 本研究で構築する土地利用モデルの特徴

		土地利用のマクロモデル (第3章)	土地利用のミクロモデル (第4章)
需 給 メ カ ニ ズ ム	需 要	工業6業種, 業務・商業6業種, 人口 の13種類の活動の各ゾーンにおける 立地需要量を13本の線形式によって 推計する。	地価分析を通じて設定したつけ値を立 地選好の指標として, 各ゾーン内の土 地区画に対する立地需要量を推計する。
	供 給	需要主導型のモデルであり, 供給側の 行動や立地制約は特に考慮していない。	各土地区画は立地競争において最高の つけ値をつけた活動主体に供給される ものとし, ゾーンごとに各活動主体に 供給される土地区画数が推計される。
	需調 給整	外生的に与える都市圏全体の従業者数 と人口のコントロールトータルを, 上 述の立地需要量に比例して各ゾーンに 配分する。	外生的に与えられる土地利用面積のコ ントロールトータルを, 上述の需要量 と供給量にもとづいて各ゾーンに配分 する。
活 動 主 体 の 基 準	各ゾーンにおける都市活動の立地量や アクセシビリティなどを説明変数とし て, 集計量間の経験的な関係にもとづ いてモデルを構築しているため, 各活 動主体の立地行動は明確ではない。	土地利用は各土地区画における土地取 引を通じて決定されるものと仮定し, 活動主体のミクロな立地行動を明示的 に考慮している。	
モ デ ル 化 の	動学化への配慮は特に行っていないが, 一定の仮定のもとで擬似動学的モデル として適用することは可能である。	動学化への配慮は特に行っていないが, 一定の仮定のもとで擬似動学的モデル として適用することは可能である。	

するインパクト分析に適用し、構築したモデルの都市・地域計画における実用性を検討する。

2-7 結 語

本章では、土地利用モデルの開発に関連するいくつかの基礎的な考察を行った。考察内容は、土地利用の形成メカニズム、土地利用モデルと関連研究、土地利用モデルと計画策定、従来の土地利用モデルの比較の諸点である。そして、これらの考察を通じて、土地利用モデルの開発と応用に関する意義と課題を述べた。また、従来の土地利用モデルの特徴を比較、考察するとともに、本研究で構築する土地利用モデルの特徴をまとめた。以下に、本章で得られた研究成果を述べる。

まず、2-2では、土地利用の形成要因と土地利用の形成メカニズムに関する考察を行った。ここでは、土地利用の形成要因を、地域外政策要因、地域内政策要因、政策外要因の3種類に分類し、土地利用の形成メカニズムを明らかにした。また、土地利用の形成メカニズムからみて、土地利用形成のモデル化においては、次の3つの内容を考慮する必要があることを指摘した。

- ① 土地利用の形成要因と活動主体の立地行動との関連
- ② 土地市場における需給メカニズム
- ③ 活動主体の立地行動や土地市場の需給メカニズムの経年的変化

次に、2-3では、土地利用モデルに関連する分野における土地利用研究の目的と方法を考察した。そして、土地利用モデルは、都市・地域計画のためのシミュレーション分析に適用し、計画策定において有用な情報を得るという政策指向的な目的ために開発されることを述べた。

2-4では、土地利用モデルと計画策定との関連を考察し、以下の諸点を示した。

- ① 近年の都市・地域計画における計画策定プロセスの概念としては、システムズ・アプローチにもとづく概念が代表的である。システムズ・アプローチでは、計画の実施が都市・地域の社会経済システムに及ぼす影響を予測する必要があり、土地利用モデルはそのための手段として利用されている。
- ② 計画策定の各段階における土地利用モデルの用途としては、インパクト分析、問題点の認識、計画代替案の作成、計画代替案の選択の4種類の内容が考えられる。

また、計画策定との関係からみて、土地利用モデル開発の際に留意すべき事項を考察した。

2-5では、土地利用モデルに関する従来の比較基準を考察するとともに、2-2で述べた土地利用の形成メカニズムにもとづく土地利用モデルの比較基準として、次の3つの内容を提案した。

- ① 土地市場における需給メカニズム
- ② 活動主体の立地行動基準
- ③ モデルの動学化

そして、これらの基準にもとづいて、Lowryモデル、EMPIRICモデルを始めとする従来の代表的な土地利用モデルの特徴を比較、考察した。また、従来の土地利用モデルでは、上述の諸点を考慮するためにモデル構造の拡張が試みられているが、現段階では、これらの内容をすべて満足するモデルは開発されていないことを指摘した。

さらに、2-6では、本章での考察結果をふまえて、本研究で構築する土地利用のマクロモデルとミクロモデルの特徴を述べた。各モデルは、適用対象の特徴に応じた異なる仮説にもとづいて構成されている。

まず、土地利用のマクロモデルは、広域な都市圏を対象として、市区町村程度のゾーン単位の土地利用に従業者数、人口ベースで予測する。モデル構造は需要主導型であり、土地利用の形成を、各ゾーンにおける都市活動の立地量やアクセシビリティ指標などのマクロな指標を用いて定式化している。

次に、土地利用のミクロモデルでは、日常生活圏程度の狭小なゾーンを単位として、各ゾーンにおける土地利用を土地面積ベースで予測する。このモデルでは、土地利用の形成を、各ゾーン内の土地区画の取引というミクロな立地行動にもとづいて定式化しており、各活動主体の立地行動の多様性や土地取引における土地の需給関係などを明示的に考慮している。

第2章参考文献

- 1) 戸田・阿部・安井：都市モデルの開発と応用に関する一考察，昭和57年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，IV-24-1～2，1982.
- 2) Webber, M.J. : Explanation, Prediction and Planning, The Lowry Model, Pion, p.20, 1984.
- 3) 山田浩之：都市の経済分析，東洋経済新報社，pp.183～218，1980.
- 4) 青山吉隆：土地利用モデルの歴史と概念，土木学会論文集第 347号/IV-1, pp.19～28，1984.
- 5) Batty, M. : Urban Models in the Planning Process, Herbert, D.T., and Johnston, R.J. eds.; Geography and the Urban Environment, Wiley, pp.77～85. 1978.
- 6) Hall, P. : Urban and Regional Planning, Penguin Books, pp.269～293, 1980.
- 7) Pack, R.P. : Urban Models : Diffusion and Policy Application, Monograph Series No.7, Regional Science Research Institute, pp.21～29. 1978.
- 8) Lee, D.B. : Requiem for Large Scale Models, Journal of the American Institute of Planners, 39, pp.163～178, 1973.
- 9) Boyce, D., Day, N., and McDonald, C. : Metropolitan Plan Making, Monograph Series No.4, Regional Science Research Institute, 1970.
- 10) 上掲7).
- 11) 上掲6), pp.269～281.
- 12) Kilbridge, M.D., O'Block, R.P., and Teplitz, P.V. : A Conceptual Framework for Urban Planning Models, Management Science Vol.15, No.6, pp.246～266. 1969.
- 13) Lowry, I.S. : Seven Models of Urban Development ; A Structural Comparison, Hemmens, G.C. eds ; Urban Development Models, Highway Research Board, Special Report 97, pp.121～163, 1968.
- 14) Batty, M. : Urban Modelling, Cambridge University Press, pp.1～19. 1975.
- 15) Mohan, R. : Urban Economic and Planning Models, The Johns Hopkins University Press, 1979.
- 16) Foot, D. : Operational Urban Models, An Introduction, Methuen, 1981.
(青山・戸田・阿部・近藤共訳：都市モデル—手法と応用，丸善，1984.)

- 17) 林・宮本：既存土地利用モデルの概観，都市計画 104，pp.40～47，1978.
- 18) 宮本・中村・清水：土地利用交通モデルの比較研究，土木計画学研究・講演集 6，pp.133～140. 1984.
- 19) 上掲4).
- 20) 戸田常一：土地利用モデルの適用と課題－米国と英国におけるモデル開発を中心として－，土木学会第18回土木計画学シンポジウム講演集，pp.17～35. 1984.
- 21) 上掲12).
- 22) 上掲14)，pp. 1～19.
- 23) 上掲5)，pp.65～134.
- 24) Lowry,I.S. : A Model of Metropolis, RM-4035-RC, RAND Corporation, Santa Monica, California, 1964.
- 25) Hill,D.M.,et al : Prototype Development of Statistical Land-use Prediction Model for Greater Boston Region, Highway Research Record No.114, pp.51～70. 1966.
- 26) Crecine,J.P. : A Dynamic Model of Urban Structure, RAND Corporation, Santa Monica, California, 1968.
- 27) Goldner,W. : Projective Land Use Model, BTR219, Berkeley, California, Bay Area Transportation Study Commission, 1968.
- 28) Wendt,P.F. : Jobs, People and Land ; Bay Area Simulation Study (BASS), Special Report No.6, Center for Real Estate and Urban Economics, University of California, Berkeley, California, 1968.
- 29) Ingram,G.K., and others : The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model, New York, National Bureau of Economic Research, 1972.
- 30) Geraldes,P., Echenique,M.H. and Williams,I.N. : A Spatial Economic Model for Bilbao, Proceedings of the PTRC Summer Annual Meeting, 1978(F), London, Planning and Transport Research Computation, 1978.
- 31) 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，pp.103～112，1981.
- 32) 中村・林・宮本：広域都市圏土地利用交通分析システム，土木学会論文報告集第 335号，pp.141～153. 1983.
- 33) 天野光三編：計量都市計画，丸善，pp.128～129，1982.

第3章 土地利用のマクロモデルの構築¹⁾⁻⁵⁾

3-1 概説

本章では、広域な都市圏を対象として種々の都市活動の立地を予測するモデル（土地利用のマクロモデルとよぶ）を構築するとともに、大阪都市圏を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を検討する。本章で提案する土地利用のマクロモデルは、都市圏内の土地利用の形成を、2、3の市区町村を統合したゾーン単位のマクロな指標を用いて定式化し、将来の土地利用に従業者数、人口ベースで予測するモデルである。以下、まず3-2では、土地利用のマクロモデルと従来の土地利用モデルとの関連を述べる。次に3-3と3-4では、土地利用のマクロモデルの概要と各サブモデルの定式化を説明し、3-5～3-7では大阪都市圏を対象としたケーススタディの結果をまとめる。

3-2 従来の研究との関連

第2章で述べたように、従来より開発されている土地利用モデルには様々なタイプのものがある。その中で、ゾーン単位の集計データを用いて土地利用をマクロなレベルで予測するモデルとしては、ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルが代表的である。本章で提案する土地利用のマクロモデルは、ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルのそれぞれの特徴をふまえて構成されている。本節では、まずこれら2つのモデルの概要を述べるとともに、両者の比較を行う。そして、本章で構築する土地利用のマクロモデルの特徴をまとめる。

(1) ガリン・ローリーモデルの概要

ガリン・ローリーモデルは、ローリーがピッツバーグ都市圏を対象として開発した土地利用モデル⁶⁾を、ガリンが再構成したモデル⁷⁾である。モデルの構造は図3-1のように表わされる。このモデルでは都市活動を基幹産業従業者、非基幹産業従業者（またはサービス業従業者）、人口の3種類に大別し、経済基礎メカニズムの概念を用いて都市活動の生成関係をモデル化するとともに、単一制約型のグラビティモデルによって非基幹産業従業者と人口のゾーンへの配分を行っている。配分の際には、各ゾーンの人口密度の上限などの制約条件が考慮される。そして図3-1に示すように、制約条件をチェックしながら、経済基礎メカニズムにもとづいて求められる従業者数と

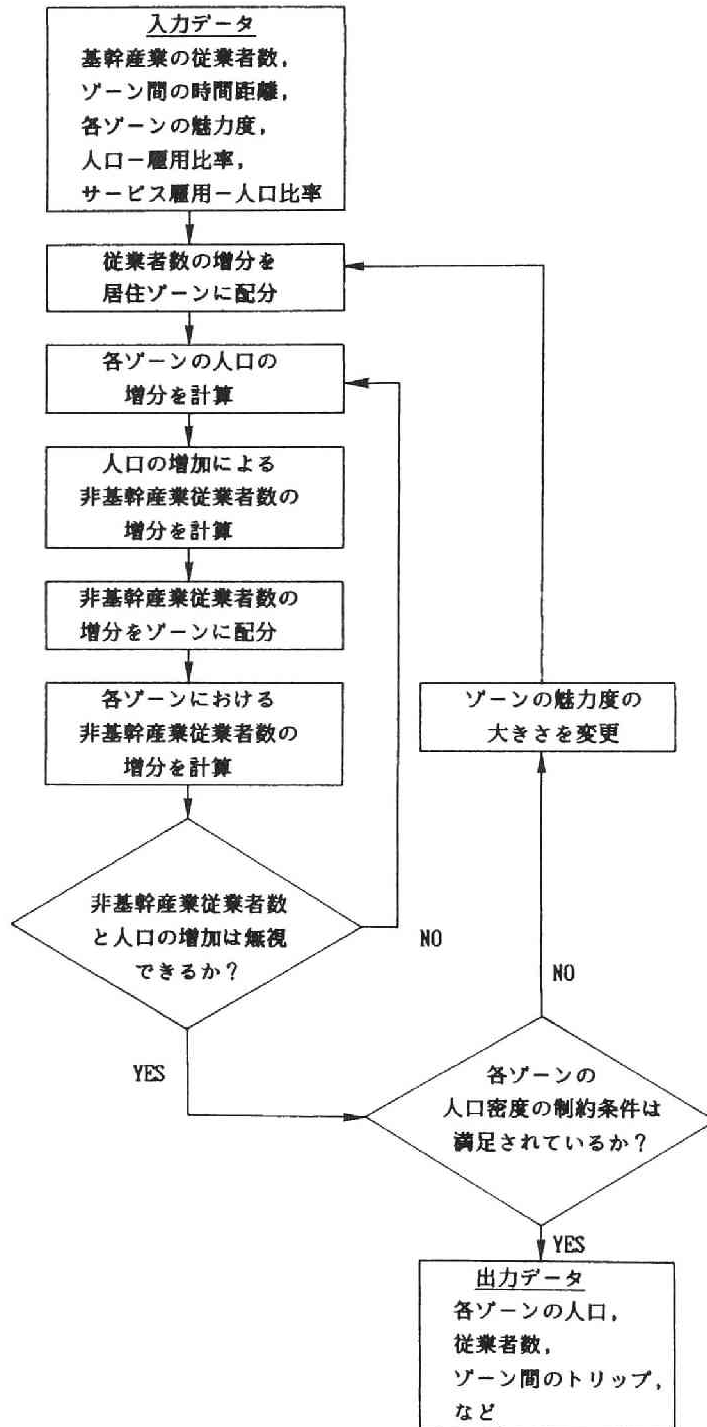


図3-1 ガリン・ローリーモデルの構造

人口の増分を各ゾーンにすべて配分するまで繰り返し計算を行なう。また、ガリン・ローリーモデルでは、単一制約型のグラビモデルによって活動間の空間的相互作用を明示的に考慮することから、配分の結果としてゾーン間のトリップ数も推計することができる。

(2) 線形都市モデルの概要

線形都市モデルは、一般には、ある都市活動の立地量を被説明変数とし、アクセシビリティ指標、他の都市活動の立地量、都市施設の水準などの立地を規定する要因（以下では立地要因とよぶ）を説明変数として、各ゾーンにおける都市活動の立地量を線形式で構成される連立方程式によって推計するモデルである。たとえば Hill⁹⁾は、ボストン都市圏を対象として、2種類の社会階層の人口（ブルーカラー層とホワイトカラー層）と3種類の従業者数（製造業、卸小売業、その他）を5本の線形式によって予測するモデルを開発している。各モデル式は、基本的には次の式（3-1）によって表わされる。

$$\frac{R_{il}^t}{\sum_{i=1}^L R_{il}^t} - \frac{R_{il}^{t-1}}{\sum_{i=1}^L R_{il}^{t-1}} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \left(\frac{R_{jl}^t}{\sum_{j=1}^L R_{jl}^t} - \frac{R_{jl}^{t-1}}{\sum_{j=1}^L R_{jl}^{t-1}} \right) + \sum_{k=1}^{N+M} b_{ik} \left(\frac{Z_{kl}^t}{\sum_{i=1}^L Z_{kl}^t} - \frac{Z_{kl}^{t-1}}{\sum_{i=1}^L Z_{kl}^{t-1}} \right) + \sum_{k=N+1}^M b_{ik} \left(\frac{1}{L} - \frac{Z_{kl}^{t-1}}{\sum_{i=1}^L Z_{kl}^{t-1}} \right) \quad (3-1)$$

ここに、

R_{il}, R_{jl} : ゾーン l における都市活動 i および j の立地量

Z_{kl} : ゾーン l における立地要因 k の値

L : ゾーン数

N : 都市活動主体数

M : 立地要因数

$t-1, t$: それぞれ $t-1$ 時点, t 時点を表わす

a_{ij}, b_{ik} : パラメータ

線形都市モデルは、ガリン・ローリーモデルのような一定の論理構造は持っていない。また、活動量のゾーンへの配分のみを扱うため、ゾーン間のトリップ数のような活動間の空間的相互作用はモデル内では推計されない。

(3) ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルの比較

ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルは、実用的な土地利用モデルとして従来

表3-1 ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルの比較

		ガリン・ローリーモデル	線形都市モデル
モデル構造 の特徴	モデル構造の 論理性	モデル全体は経済基礎モデルと単一 制約型のグラビティモデルによって 構成されており、モデル全体の論理 構造が明確である。	各モデル式の設定にあつたては、一 定の因果関係が仮定されるが、ガリ ン・ローリーモデルに比べると、モ デル全体の論理構造は明確ではない。
	モデルによる 推計内容	各ゾーンにおける活動の立地量と、 ゾーン間のトリップ数などの活動間 の空間的相互作用が同時に推計され る。	各ゾーンの活動の立地量のみを推計 の対象とする。活動間の空間的相互 作用を知る必要がある場合は、グラ ビティモデルなどを別途適用しなけ ればならない。
	変数選択の 柔軟性	モデルの構成がほぼ決まっているた め、モデル中の変数の選択は線形都 市モデルに比べると柔軟ではない。	モデル構造は柔軟であり、モデル式 は種々の説明変数の取捨選択によつ て作成される。
	特異ゾーンの 取り扱い	モデル構造が非線形のため、特異な 活動立地パターンを示すゾーンの取 り扱いは、線形都市モデルに比べて 容易である。	モデル式が線形のため、特異な活動 立地パターンを示すゾーンが存在す ると、モデル式の推定結果が歪めら れる恐れがある。
モデル構築 に関する 特徴	モデル構築に 必要なデータ	各ゾーンの活動の立地量と、活動間 の空間的相互作用に関するデータが 必要である。ただし、モデル構築の 際には1時点のデータがあればよい。	各ゾーンにおける活動の立地量に関 するデータのみでよい。しかし従来 のモデルでは、一定期間中の活動量 の変化を推計する場合が多く、こ の場合モデル構築のためには2時点 のデータが必要となる。
	既存の プログラム パッケージの 利用可能性	線形都市モデルに比べると、利用可 能なプログラムパッケージが少ない。 ただし、現在では、これまでの研究 開発を通じて、種々のパッケージが 整備されている。	モデル式は主として回帰分析によつ て推定されるため、既存の統計手法 のプログラムパッケージを活用する ことができる。
	モデル構築に 要する時間	線形都市モデルに比べるとモデル構 造が複雑であり、キャリブレーション にも時間がかかる。しかし、この ことはモデルによる推計内容の豊富 さとも関連している。	モデル構築は容易であり、ガリン・ ローリーモデルに比べると、短時間 でモデル作成を行うことができる。

より広く適用されており、Putman¹⁰⁾やFoot^{11),12)}は両者の特徴を経験的な面から比較している。表3-1は、Foot¹³⁾による考察結果にもとづいて、各モデルの特徴をまとめたものである。この表によると各モデルとも適用範囲と限界をもっており、モデルの優劣を一般的に論ずるのは適当ではない。Footは両モデルの特徴を比較した後に、モデルの選択基準として、要求される分析内容、データの利用可能性、モデル開発の費用などをあげており、さらにモデル利用者のモデルに対する好みも重要な要因であるとしている。また、Putman¹⁴⁾によるモデルのように両者の特徴を取り入れた土地利用モデル¹⁵⁾を開発している例もある。

(4) 土地利用のマクロモデルの特徴

本章で構築する土地利用のマクロモデルは、ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルのそれぞれの特徴をふまえて構成されている。上述のPutmanによる土地利用モデルは、本モデルと同様の視点に立つモデルである。以下に、本モデルの特徴をまとめる。

- ① 本モデルでは、線形都市モデルの概念に従って、各活動の立地を線形のモデル式で推計する。ただし、モデル作成と適用の際の操作性を高めるため、モデル構造は同時連立方程式ではなく、都市活動を工業従業者、業務・商業従業者、人口の3種類に大別し、一定の立地序列に従って各活動の立地を段階的に推計する形式をとる。すなわち、本モデルは基本的には線形都市モデルであるが、一定の立地序列を設けている点でガリン・ローリーモデルに類似している。
- ② モデル内では①で述べた立地序列に従って、業務・商業活動と人口の2つの都市活動間で経済基礎メカニズムによる都市活動の生成関係を考慮している。
- ③ 従来の線形都市モデルでは、モデル式の説明力を向上させるため、数多くの説明変数をモデル式中で用いる例が多く、モデル式の論理性や統計的な有意性がいまいな場合が多い。¹⁶⁾そこで本モデルでは、モデル式の設定にあたって、まず各活動の立地を規定すると考えられる要因を考察し、式の論理性や統計的な有意性にも十分に留意して適切なモデル式の設定を行っている。
- ④ 既存の統計データが整備されている範囲内で活動主体の詳細な分類を行い、モデルの精緻化を試みている。

3-3 土地利用のマクロモデルの概要

3-3-1 土地利用のマクロモデルの全体構成

本章で構築する土地利用のマクロモデルは、コントロールトータルとして外生的に

与えられる都市圏全体の従業者数と人口をもとに、都市圏内の各ゾーンの活動立地を、従業者数、人口ベースで予測する。この際、一つの都市圏内には種々の都市活動が存在するが、これらは一般には農林漁業を中心とする第1次産業、工業を中心とする第2次産業、業務・商業活動を中心とする第3次産業、さらに居住活動の主体として人口の4種類に大別することができる。各活動のうち、都市化の進んだ圏域では第1次産業は従業者数も少なく、また他の活動との関連も小さいと考えられるので、モデル化の対象から除外し、工業、業務・商業、人口の3種類の活動を推計の対象とする。

図3-2に土地利用のマクロモデルの全体構成を示す。モデル全体は上述の活動設定に対応して、工業従業者数推計サブモデル、業務・商業従業者数推計サブモデル、

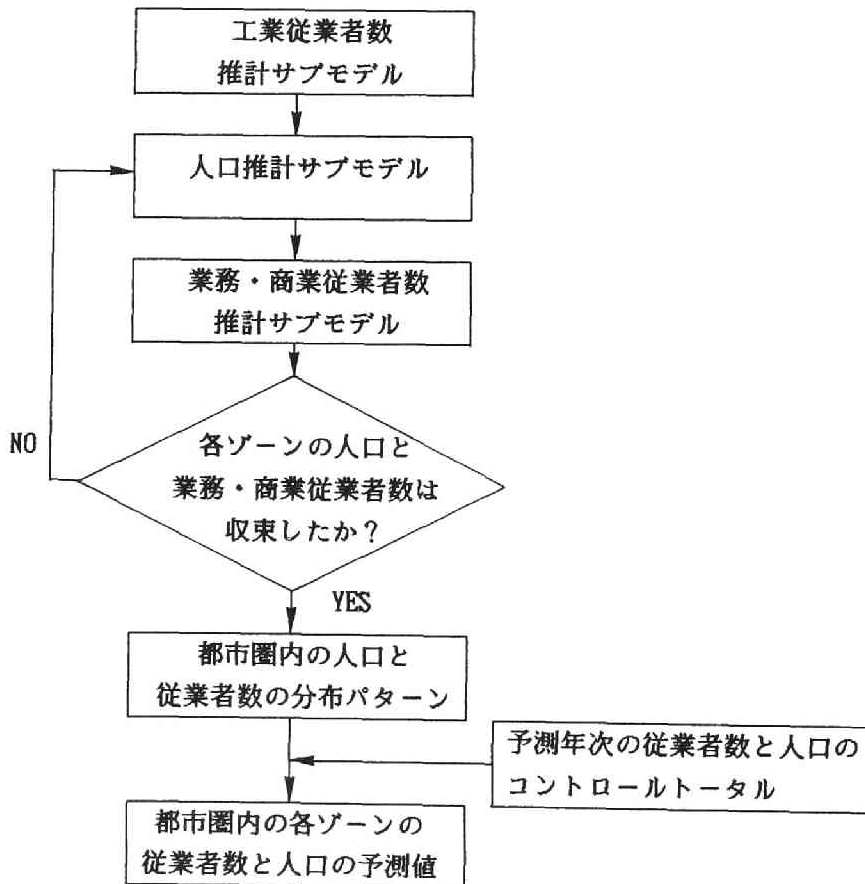


図3-2 土地利用のマクロモデルの全体構成

人口推計サブモデルの3つのサブモデルによって構成されている。そして、モデル構成には図3-2に示す一定の立地序列を設け、各活動の立地を段階的に推計する。

また本モデルは、広域都市圏を対象として、比較的大きなゾーン単位の従業者数と人口の分布を直接予測することから、土地利用形成における需要側の関係を中心としたモデル構成をとっている。したがって、モデルを適用する対象によっては、各ゾーンにおける土地の利用可能性や住宅供給などの供給側の行動を考慮したモデルの拡張も必要である。

モデルの適用にあたっては、まず工業従業者数推計サブモデルによって、工業の各業種の従業者数をゾーン別に推計する。工業従業者数の変化は、工業従業者者の居住を通じて都市圏内の人口分布を変化させるので、人口推計サブモデルによって人口の変化を推計する。

業務・商業活動は各産業の中心管理業務や居住者、従業者へのサービス活動を行うが、その従業者数は上述の工業従業者数と人口の変化によって影響をうける。そこで業務・商業従業者数推計サブモデルを適用し、業務・商業活動の従業者数の分布を推計する。さらに業務・商業活動の従業者数の変化は、業務・商業活動の従業者の居住による人口の変化をもたらす、それがさらに業務・商業活動の従業者数を変化させる。従って、人口と業務・商業従業者数の決定プロセスは図3-2に示すループ構造を形成し、最終的には人口と業務・商業活動従業者数の立地パターンが安定するまで繰り返し計算を行う。

また、以上の計算によって推計される各ゾーンの人口と従業者数の都市圏全体での合計は、外生的に与えられる予測年次の人口、従業者数のコントロールトータルとは一致しない場合もある。そこで本モデルでは、予測された人口、従業者数に比例してコントロールトータルを各ゾーンに配分し、その結果を最終的な予測結果とする。

なお、図3-2に示すモデル構成では工業従業者数の分布を先決することとしているが、サブモデルの適用順序を変更することにより、業務・商業従業者数の変化や人口の変化が都市圏内の活動分布に与える影響を分析することも可能である。

3-3-2 土地利用のマクロモデルにおける業種分類

3-3-1で述べたように、土地利用のマクロモデルでは、工業、業務・商業、人口の3種類の活動の立地をモデル化の対象とする。この際、工業と業務・商業については、既存の統計データが整備されている範囲内で活動主体の細分化を行う。表3-2に、各活動における業種分類を示す。まず工業については、日本標準産業分類のうち、製造業中分類に属する業種を細分化の基準とし、現業部門11業種と非現業部門

(現業部門11業種の非現業従業者数合計)を合わせた12業種を設定した。また業務・商業は、日本標準産業分類大分類にもとづいて、6種類の業種に細分化した。

3-3-3 従業者数、人口推計のためのモデル式

土地利用のマクロモデルでは、線形都市モデルの概念を用いてモデル構築を行う。線形都市モデルは、一般にはある都市活動の立地量を被説明変数とし、種々のアクセシビリティ指標、他の都市活動の立地量、都市施設の整備水準などの立地要因を

表3-2 土地利用のマクロモデルにおける業種分類

分析対象業種		日本標準産業分類の業種との対応
工業	1 木製品	木材, 木製品製造業, 家具, 装備品製造業
	2 紙・パルプ	パルプ, 紙, 紙加工品製造業
	3 皮・ゴム	なめしかわ, 毛皮製品製造業, ゴム製品製造業
	4 化学	化学工業
	5 石油・石炭	石油製品, 石炭製品製造業
	6 窯業・土石	窯業, 土石製品製造業
	7 食料品	食料品, たばこ製造業
	8 繊維	繊維工業, 衣服, その他の繊維製品製造業
	9 金属	鉄鋼業, 非鉄金属製造業
	10 金属加工	金属製品製造業, 一般, 電気, 輸送用, 精密機械器具製造業
	11 出版・印刷・その他	出版, 印刷, 同関連産業その他
	12 工業非現業部門	1-11の業種の非現業部門従業者数合計
業務商業	1 建設業	建設業
	2 卸売業	卸売業
	3 近隣サービス業	小売業, サービス業, 飲食業
	4 金融・保険・不動産業	金融, 保険業
	5 運輸・通信業	運輸, 通信業
	6 電気・ガス・水道業	電気, ガス, 水道, 熱供給業
人口		

注) 工業の業種 1-11は現業部門従業者を対象とする。

説明変数として、式(3-2)または(3-3)で表わされる線形式によって各活動の立地量を推計する。¹⁷⁾

$$Y_{ki}^t = a_0 + \sum_h a_h \cdot X_{hi}^{t-1} + \sum_m a_m \cdot \Delta X_{mi}^{\tau} \quad (3-2)$$

$$\Delta Y_{ki}^{\tau} = a_0 + \sum_h a_h \cdot X_{hi}^{t-1} + \sum_m a_m \cdot \Delta X_{mi}^{\tau} \quad (3-3)$$

ここに、

Y_{ki}^t : t 時点におけるゾーン i での都市活動 k の立地量

ΔY_{ki}^{τ} : τ 期間中 (t-1 時点～t 時点) における
ゾーン i での都市活動 k の立地量の変化

X_{hi}^{t-1} : t-1 時点におけるゾーン i での立地要因 h の値

ΔX_{mi}^{τ} : τ 期間中におけるゾーン i での立地要因 m の値の変化

a_0, a_h, a_m : パラメータ

モデル式の被説明変数となる立地量の指標は、従業者数と人口を用いる。また、式(3-2)と(3-3)に示すように、各モデル式では、1 時点の立地量または一定期間中の立地量の変化をモデル式の被説明変数とする。一定期間中の立地量の変化を被説明変数とする場合、一時点の立地量を被説明変数とする場合よりも、立地量と立地要因の関係を明確に捉えやすいという利点がある。しかし、予測期間中に活動立地の傾向が、増加から減少というように大きく変化する場合は同一のモデル式で変化量を説明することは困難となる。このような場合は、増加傾向と減少傾向を同時に説明するために、一時点の立地量を被説明変数とするモデル式を採用する方がよい。

各業種の立地量推計のためのモデル式は、図3-3の分析手順に従って作成する。まず、各活動の立地に関する仮説にもとづいて、各種のアクセシビリティ指標、他の都市活動の立地量、環境条件に関する指標などを立地要因として設定する。次に、立地量と立地要因に関する相関分析を行い、立地量との相関が高く、しかも相互に独立性の高い立地要因を選択する。さらに、選択した立地要因を用いて回帰分析を適用し、各立地要因に関するパラメータの符合条件や統計的な有意性を考慮して、立地量推計のためのモデル式を作成する。次節では、各サブモデルで設定する立地要因について説明し、各サブモデルの定式化を行う。

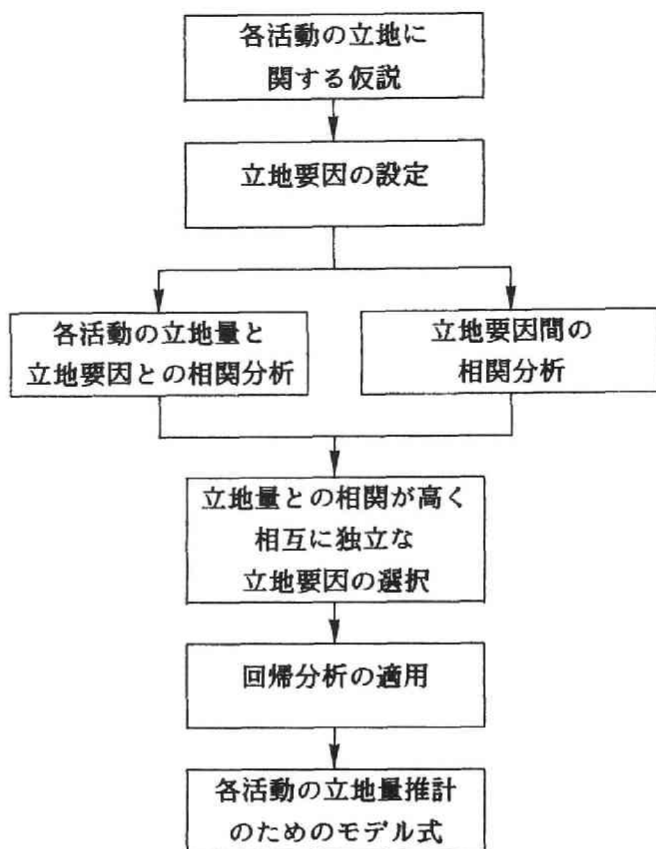


図3-3 立地量推計のためのモデル式の作成手順

3-4 サブモデルの構成

3-4-1 工業従業者数推計サブモデル

土地利用のマクロモデルでは工業現業部門の業種として、表3-2の11種類の業種を設定している。工業立地において重視される立地要因は業種によって異なると考えられるが、一般には、入出荷条件、労働力条件、用地条件などが重要である。本研究では工業立地をマクロなレベルで分析するので立地要因の定量化の容易さを考慮して、表3-3の要因を設定した。

表3-3 工業活動の立地要因

立地条件	立地要因
入出荷条件	地域内の工業業種との入出荷に関するアクセシビリティ
	主要港湾への時間距離
労働力条件	夜間人口へのアクセシビリティ
用地条件	工業地の地価

表中で入出荷のアクセシビリティは対象地域内の工業他業種との入出荷関係を考えることとし、Putman¹⁸⁾による研究を参考にして、式(3-4)で定義した。

$$\begin{aligned}
 ACS_{ki} = & \sum_j \{ (\sum_l \gamma_{kl} \cdot \rho_l \cdot E_{lj}) / \exp(\alpha T_{ij}^C) \} \\
 & + \sum_j \{ (\sum_l \gamma_{lk} \cdot \rho_l \cdot E_{lj}) / \exp(\alpha T_{ij}^C) \} \quad (3-4)
 \end{aligned}$$

ここに、

k, l : 工業の業種

i, j : ゾーン

E_{lj} : ゾーン j における業種 l の従業者数

γ_{kl} : (業種 k から l への投入額) / (業種 k の生産額)

γ_{lk} : (業種 l から k への投入額) / (業種 k の生産額)

ρ_l : 業種 l の労働生産性

T_{ij}^C : 自動車利用によるゾーン i, j 間の時間距離

α : 交通抵抗パラメータ

式(3-4)のアクセシビリティ指標は、業種間の生産品の取引関係と各業種の労働生産性の差異を考慮して、従業者数を補正している点に特徴がある。

労働力条件は、通勤の利便性という観点から式(3-5)のアクセシビリティ指標で定義する。

$$ACS(P)_i = \sum_j P_j / \exp(\alpha T_{ij}^R) \quad (3-5)$$

ここに、

P_j : ゾーン j の夜間人口

T_{ij}^R : 鉄道利用によるゾーン ij 間の時間距離

α : 交通抵抗パラメータ

ところで工業業種の中には、行政当局によって立地の誘導規制が行なわれている業種や、生産品の取引関係において、他の工業業種とは関係の薄い業種も含まれている。そして、このような業種は、表3-3の立地要因のみで立地パターンを説明することは難しいと考えられる。本研究では、このような業種については従業者数を外生的に与えることとする。

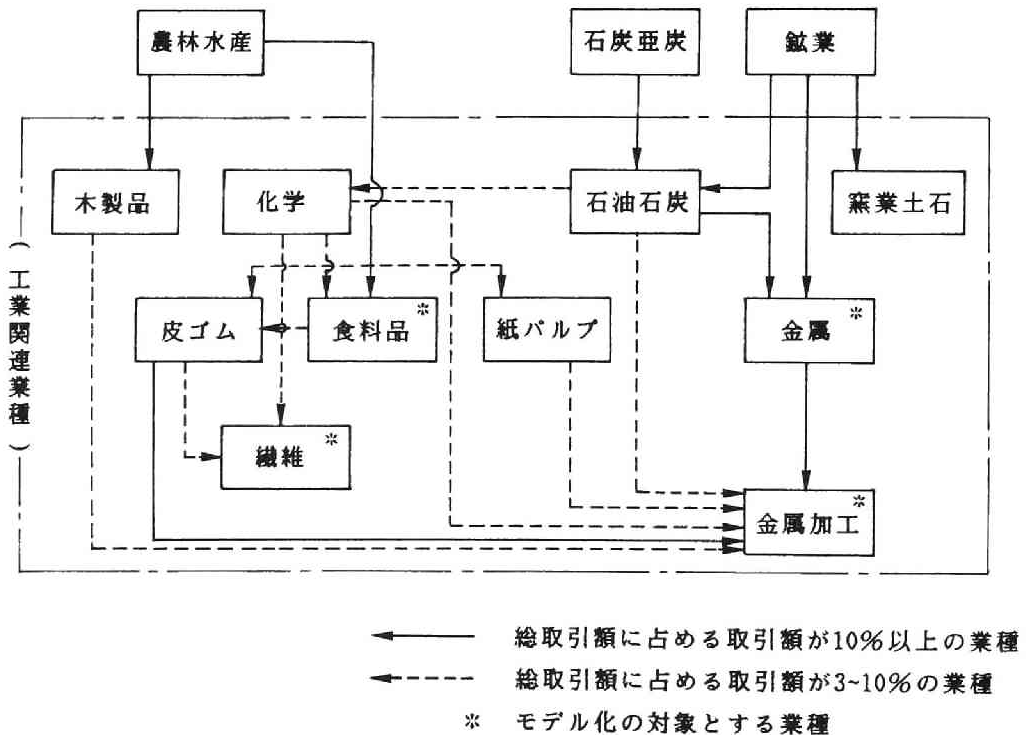


図3-4 産業関連表にもとづく近畿圏内の工業業種間の取引関係
(ただし同業種間の取引を除く)

ここでは、昭和45年の近畿圏内の産業連関表にもとづく図3-4の業種間の取引関係を参考にして、工業の他業種との取引関係が少なく、基礎的な製造品を供給している業種を外生的に扱うこととした。外生とする業種とモデル化の対象とする業種の設定結果を表3-4に示す。

表3-4 工業従業者数推計サブモデルにおいて
モデル化の対象とする業種

外 生	1	木製品	モ デ ル 化	7	食料品
	2	紙・パルプ		8	繊維
	3	皮・ゴム		9	金属
	4	化学		10	金属加工
	5	石油・石炭		11	出版・印刷 ・その他
	6	窯業・土石			

一方、工業非現業部門の従業者数は、現業部門の従業者数に比例して変化するものと考え、各ゾーンの現業部門の総従業者数を立地要因として、従業者数推計のためのモデル式を作成する。

3-4-2 業務・商業従業者数推計サブモデル

業務・商業活動は各種都市活動に対してサービスを提供する業種群であり、その従業者数がサービスの対象となる都市活動の立地量に比例して変化する性質を持つと考えられる。また業種によっては、サービスの対象が比較的広範な地域に及ぶ場合もある。本研究ではこれらの特徴を考慮して、サービスを受ける活動を次のように何通りかに分類した。

- ① サービス対象を、全産業、工業、業務・商業(ただし自業種を除く)、人口の4種類に大別する。ただし、卸売業では近隣サービス業もサービス対象とする。
- ② サービスの範囲は、自ゾーン内の活動に対するローカルなサービスと、他ゾーンの活動も含めた広域的なサービスの2種類を考える。

広域的サービスの需要水準は、次の式(3-6)で表されるアクセシビリティ指標によって定義する。

$$ACS(A)_{ki} = \sum_j A_j / \exp(\alpha T_{ij}^C) \quad (3-6)$$

ただし、

$ACS(A)_{ki}$: ゾーン i に立地する業種 k のサービス対象 A に対するアクセシビリティ

A_j : サービス対象 A のゾーン j での立地量

T_{ij}^C : 自動車利用によるゾーン i, j 間の時間距離

α : 交通抵抗パラメータ

以上の①と②の仮定にもとづいて設定した立地要因を表3-5に示す。この表ではサービス対象を、 $t-1$ 時点でのストック量と予測期間 τ 中のストック量の変化で定義している。前者は既存の活動から生じるサービス需要の増減を表わし、後者は予測期間中に変化した活動から生じるサービス需要の増減を表わしている。

表3-5 商業・業務活動の立地要因

サービス範囲 サービス対象	ローカルサービス		広域的サービス	
全産業 (TE)	TE_i^{t-1}	ΔTE_i^τ	$ACS(TE)_i^{t-1}$	$\Delta ACS(TE)_i^\tau$
工業 (EM)	EM_i^{t-1}	ΔEM_i^τ	$ACS(EM)_i^{t-1}$	$\Delta ACS(EM)_i^\tau$
業務・商業 (ES) (自業種を除く)	ES_i^{t-1}	ΔES_i^τ	$ACS(ES)_i^{t-1}$	$\Delta ACS(ES)_i^\tau$
人口 (P)	P_i^{t-1}	ΔP_i^τ	$ACS(P)_i^{t-1}$	$\Delta ACS(P)_i^\tau$
近隣サービス業 (ELS)	ELS_i^{t-1}	ΔELS_i^τ	$ACS(ELS)_i^{t-1}$	$\Delta ACS(ELS)_i^\tau$

注) Δ は $t-1$ 時点の値と t 時点の値の差であることを表わす。

3-4-3 人口推計サブモデル

人口推計サブモデルでは、各ゾーンの人口を推計の対象とする。人口の変動は、出生と死亡による自然変動と、転入と転出による社会変動の2種類の変動で説明するこ

とができる。そして、 t 時点におけるゾーン i の人口 P_i^t は次の式(3-7)で表わされる。¹⁹⁾

$$P_i^t = P_i^{t-1} + (B_i^{\tau} - D_i^{\tau}) + (I_i^{\tau} - O_i^{\tau}) \quad (3-7)$$

ここに、

- P_i^{t-1}, P_i^t : $t-1$ 時点および t 時点のゾーン i の人口
- B_i^{τ} : τ 期間中 ($t-1$ 時点～ t 時点) のゾーン i での出生数
- D_i^{τ} : τ 期間中のゾーン i での死亡数
- I_i^{τ} : τ 期間中のゾーン i での転入者数
- O_i^{τ} : τ 期間中のゾーン i での転出者数

本研究では、式(3-7)を基本にして人口推計のためのモデル式を作成する。式(3-7)の各項のうち、自然変動については、その変動が必ずしも居住者の自発的な行動に依存しないため、モデル化は容易ではない。また1つの都市圏内では、出生率、死亡率にそれほど大きな地域差はないと考えられる。したがって本研究では、自然変動が $t-1$ 時点の人口に対して一定率 δ で生じるものと仮定する。すなわち、

$$B_i^{\tau} - D_i^{\tau} = \delta \cdot P_i^{t-1} \quad (3-8)$$

一方、社会変動は、一般には居住者の就業の変化や住宅の住みかえなど、居住者の自発的な行為に起因する。そしてその変動量は、雇用地への近接性の変化、住宅ストックの変化、公共施設の整備水準の変化、居住環境条件の変化などを要因として説明することが可能と考えられる。ここでは人口の社会変動がこれらの要因で説明されるものと考えて、次の式(3-9)を仮定する。

$$I_i^{\tau} - O_i^{\tau} = \sum_h \epsilon_h \cdot F_{hi} \quad (3-9)$$

ここに、

- F_{hi} : 人口の社会変動の要因 h のゾーン i での値
- ϵ_h : パラメータ

本研究では以上の前提にもとづいて、 τ 期間中のゾーン i における人口変動 ΔP_i^{τ}

を次の式(3-10)で表わし、人口推計のためのモデル式として用いる。

$$\Delta P_i^t = P_i^t - P_i^{t-1} = \delta \cdot P_i^{t-1} + \sum_h \epsilon_h \cdot F_{hi} \quad (3-10)$$

3-5 土地利用のマクロモデルのケーススタディ

3-5-1 対象地域とゾーニング

本研究では、図3-5に示す大阪都市圏を対象として土地利用のマクロモデルのケーススタディを行なう。この対象地域は大阪府全域と兵庫県、京都府、滋賀県、奈良県、和歌山県の一部にわたっており、地域内には昭和50年時点で174の市区町村が含まれている。土地利用モデルを作成する場合、対象地域は周辺地域との交流の少ない、できるだけ閉じた地域であることが望ましい。図3-5の地域は、昭和50年国勢調査による京阪神大都市圏域とほぼ一致しており、対象地域周辺のほとんどの市町村では、大阪市、神戸市、京都市の各都市への通勤通学者数が当該市町村人口の1.5%未満となっている。したがって、対象地域の地域外との交流は十分に小さいと考えることができる。また本研究では、この調査結果にもとづいて、対象地域内の活動立地が対象地域外から受ける影響は無視できるものと考え、対象地域内のデータのみを用いて土地利用のマクロモデルを構築する。

モデルを構築する際には、市区町村をゾーンとして分析することも考えられるが、ゾーン面積の差異が大きいこと、分析結果の比較の際にゾーン数が多過ぎることなどの問題点がある。そこで本研究では、昭和55年の日本住宅公団による研究²⁰⁾を参考にして、都市圏内の市区町村を図3-5に示す39個のゾーンに統合した。表3-6に、各ゾーンと市区町村との対応関係を示す。図3-5のゾーンは、以下の方針にもとづいて設定されている。

- ① 各ゾーンの面積に大きな差異が生じないように市区町村を統合する。
- ② 各ゾーンに含まれる市区町村の特徴は、なるべく均質となるようにする。
- ③ 鉄道網や道路網との関連で、大部分のゾーンが大阪市の都心部に向かって同一の経路に含まれるようにする。

3-5-2 データの収集と作成について

(1) 従業者数、人口データ

本モデルでは、各活動の立地量の指標として従業者数と人口を用いる。これらのデ

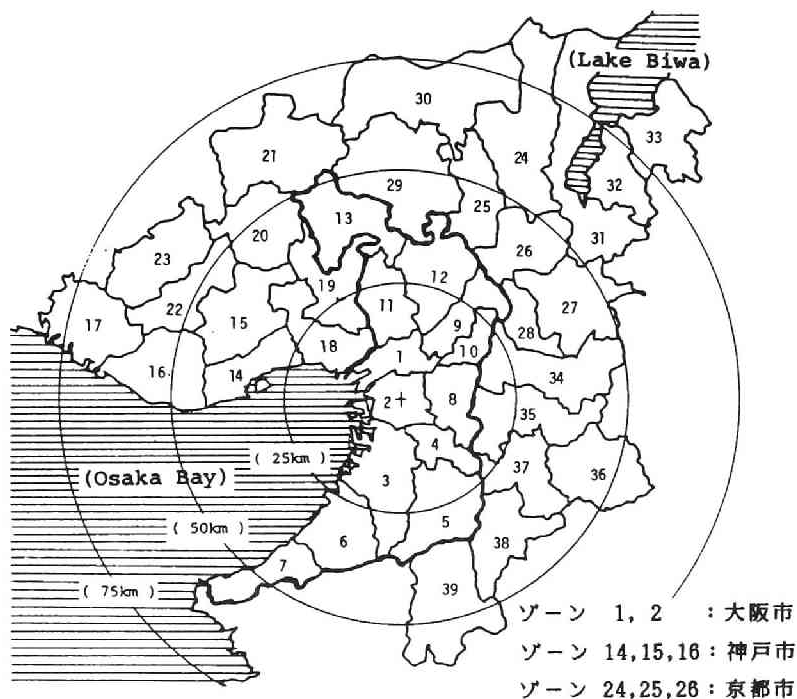


図3-5 対象地域とゾーニング

ータは、昭和43年～昭和55年の工業統計表、商業統計表、事業所統計調査報告、国勢調査報告から収集し、隣接した年次間での外挿または内挿によって、昭和43年、昭和48年、昭和53年の3時点の従業者数、人口に補正した。また工業非現業部門の従業者数は、工業統計表の従業者数が現業部門、事業所統計調査報告の従業者数が現業部門と非現業部門の合計を表わすことに着目して、両者の差をとることによって求めた。

(2) ゾーン間時間距離の算出

ゾーン間の時間距離は、自動車利用と鉄道利用のそれぞれの場合について、昭和43年、昭和48年、昭和53年の3時点の時間距離を算出した。

まず自動車利用の場合、図3-5の39個のゾーンについて、インターチェンジなどをゾーン中心として設定し、ゾーン中心間の最短所要時間を求めた。この際、高速道路を利用する場合は通行料金を時間に換算して所要時間に加えることとし、青山に

表3-6 各ゾーンと市区町村との対応関係

ゾーン No	市区町 村数	市 区 町 村 名
1	12	北区, 都島区, 福島区, 此花区, 東区, 大淀区, 西淀川区, 東淀川区, 旭区, 城東区, 淀川区, 鶴見区
2	14	西区, 港区, 大正区, 天王寺区, 南区, 浪速区, 東成区, 生野区, 阿倍野区, 住吉区, 東住吉区, 西成区, 住之江区, 平野区
3	5	堺市, 泉大津市, 和泉市, 高石市, 忠岡町
4	5	松原市, 羽曳野市, 藤井寺市, 太子町, 美原町
5	5	富田林市, 河内長野市, 河南町, 千早赤阪村, 狭山町
6	5	岸和田市, 貝塚市, 泉佐野市, 熊取町, 田尻町
7	3	泉南市, 岬町, 阪南町
8	3	八尾市, 柏原市, 東大阪市
9	4	守口市, 枚方市, 寝屋川市, 門真市
10	3	大東市, 四条畷市, 交野市
11	4	豊中市, 池田市, 吹田市, 箕面市
12	4	高槻市, 茨木市, 摂津市, 島本町
13	3	東能勢村, 能勢町, 猪名川町
14	7	東灘区, 灘区, 葺合区, 生田区, 兵庫区, 長田区, 須磨区
15	1	北区
16	2	垂水区, 明石市
17	5	加古川市, 高砂市, 稲美町, 播磨町, 志方町
18	3	尼崎市, 西宮市, 芦屋市
19	3	伊丹市, 宝塚市, 川西市
20	1	三田市
21	3	篠山町, 西紀町, 丹南町
22	2	三木市, 吉川町
23	3	小野市, 社町, 東条町
24	6	北区, 上京区, 左京区, 中京区, 東山区, 下京区
25	3	右京区, 向日市, 長岡京市
26	6	南区, 伏見区, 宇治市, 大山崎町, 久御山町, 八幡市
27	7	城陽市, 井手町, 宇治田原町, 山城町, 加茂町, 笠置町, 和束町
28	3	田辺町, 木津町, 精華町
29	3	亀岡市, 園部町, 八木町
30	3	京北町, 丹波町, 日吉町
31	2	大津市, 志賀町
32	3	草津市, 守山市, 栗東町
33	5	近江八幡市, 中主町, 野洲町, 安土町, 竜王町
34	2	奈良市, 生駒市
35	12	大和郡山市, 天理市, 平群町, 三郷町, 斑鳩町, 安堵町, 川西町, 三宅町, 香芝町, 上牧町, 王寺町, 河合町
36	4	桜井市, 大宇陀町, 菟田野町, 榛原町
37	8	大和高田市, 橿原市, 田原本町, 高取町, 明日香村, 新庄町, 当麻町, 広陵町
38	3	五条市, 御所市, 大淀町
39	4	橋本市, 高野口町, 九度山町, 高野町

21)
よる研究を参考にして時間価値を次式によって求めた。

$$V^t = 0.0324 \cdot \text{GNP}^t - 8.707 \quad (3-11)$$

(R=0.997)

ここに、

V^t : 年次 t における時間価値 (円/分)

GNP^t : 年次 t における 1 人当り GNP (千円)

たとえば昭和53年における 1 人当りの GNP は 1780 千円であり、式(3-11)にこの値を代入すれば、昭和53年時点での時間価値は 49 円/分となる。

またゾーン内々の時間距離は、ゾーンに含まれる各市区町村の中心(市役所、区役所、町村役場とした)からゾーン中心へのアクセス時間を各市区町村の人口で加重平均して求めた。

次に鉄道利用の場合は、ゾーン中心を各ゾーンの主要駅として設定し、駅間の所要時間と各駅での乗り換え所要時間にもとづいて、ゾーン間の最短時間距離を計算した。

(3) 交通抵抗パラメータ α の推定

本モデルでは立地要因として種々のアクセシビリティ指標を定義しているが、各指標中で用いる交通抵抗パラメータ α は、ゾーン間 OD 交通量に式(3-12)のグラビティモデルを適用して求めた。

$$OD_{ij} = \beta \cdot O_i \cdot D_j / \exp(\alpha \cdot T_{ij}^m) \quad (3-12)$$

ここに、

OD_{ij} : ゾーン ij 間の OD 交通量

O_i : ゾーン i における発生交通量

D_j : ゾーン j における集中交通量

T_{ij}^m : 交通手段 m によるゾーン ij 間の時間距離

α, β : パラメータ

パラメータ α, β は、大阪府の昭和45年の OD 交通量データを用いて、交通目的別に最小二乗法によって推定した。表 3-7 に分析結果を示す。表中の実績値と推計値との相関係数を見ると、通勤交通については 0.732 とやや低い、業務交通と貨物輸送

の場合は0.80を上回る良好な結果が得られている。

次の3-6では、昭和43年と昭和48年の各種データを用いてモデルのキャリブレーションを行うとともに、昭和53年の各活動の従業者数と人口を予測して、モデル全体の予測精度を検証する。

表3-7 交通抵抗パラメータ α の推定結果

交通目的	交通手段	α	β	相関係数	アケシリティ指標との関連
通勤	鉄道	0.039	0.81×10^{-6}	0.732	式(3-5), (3-14)
業務	自動車	0.048	2.41×10^{-6}	0.828	式(3-6)
貨物	自動車	0.046	1.65×10^{-6}	0.818	式(3-4)

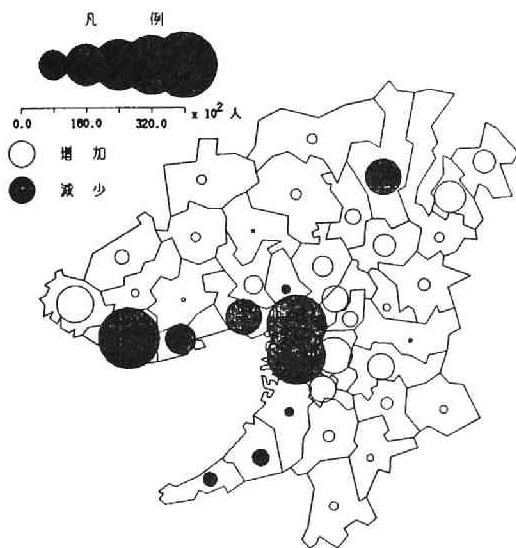
3-6 モデルのキャリブレーション結果と考察

3-6-1 対象地域における活動立地の推移について

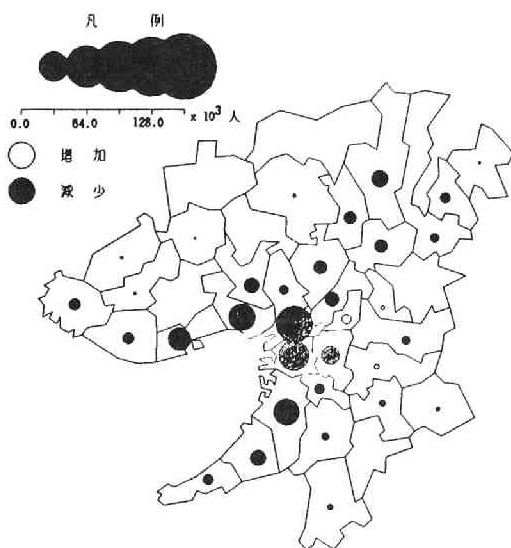
まずモデル式のキャリブレーションに先立って、モデル構築の期間中における大阪都市圏内の活動立地の推移を検討する。以下では、工業従業者数、業務・商業従業者数、人口のそれぞれについて、昭和43年～48年、昭和48年～53年の2期間における大阪都市圏内の活動分布の推移を検討した結果をまとめる。なお、前節で述べたように、昭和43年～48年はモデルのキャリブレーション期間、昭和48年～53年はモデルの予測精度検証の期間に対応している。

① 工業従業者数の推移

図3-6(1)と(2)に、大阪都市圏内の各ゾーンにおける工業現業部門の従業者数の変化を示す。図3-6の昭和43年～昭和48年では、大阪市、神戸市、京都市などの大都市都心部での従業者数の減少と大都市周辺部での従業者数の増加がみられる。これは主として、都心部から郊外への工場の移転による従業者数の変動が原因と思われる。また昭和48年～昭和53年には、都市圏内のほとんどのゾー

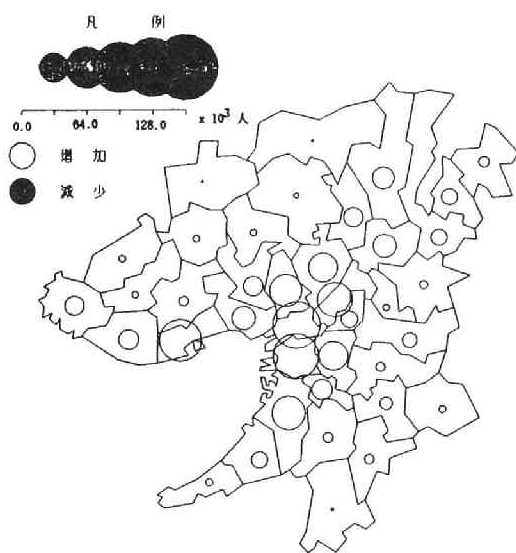


(1) 昭和43年～48年

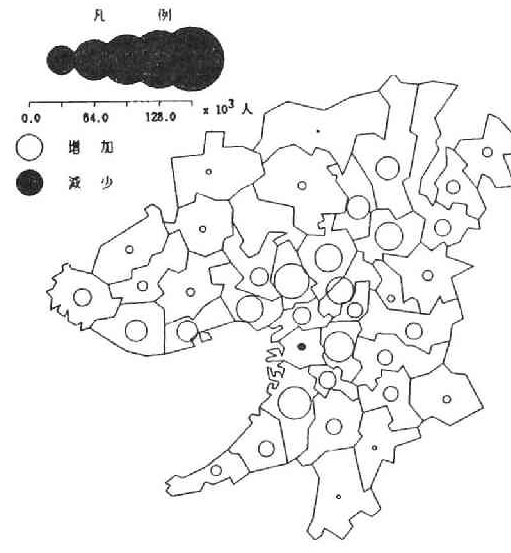


(2) 昭和48年～53年

図3-6 大阪都市圏における工業現業部門の従業者数の変化



(1) 昭和43年～48年



(2) 昭和48年～53年

図3-7 大阪都市圏における業務・商業の従業者数の変化

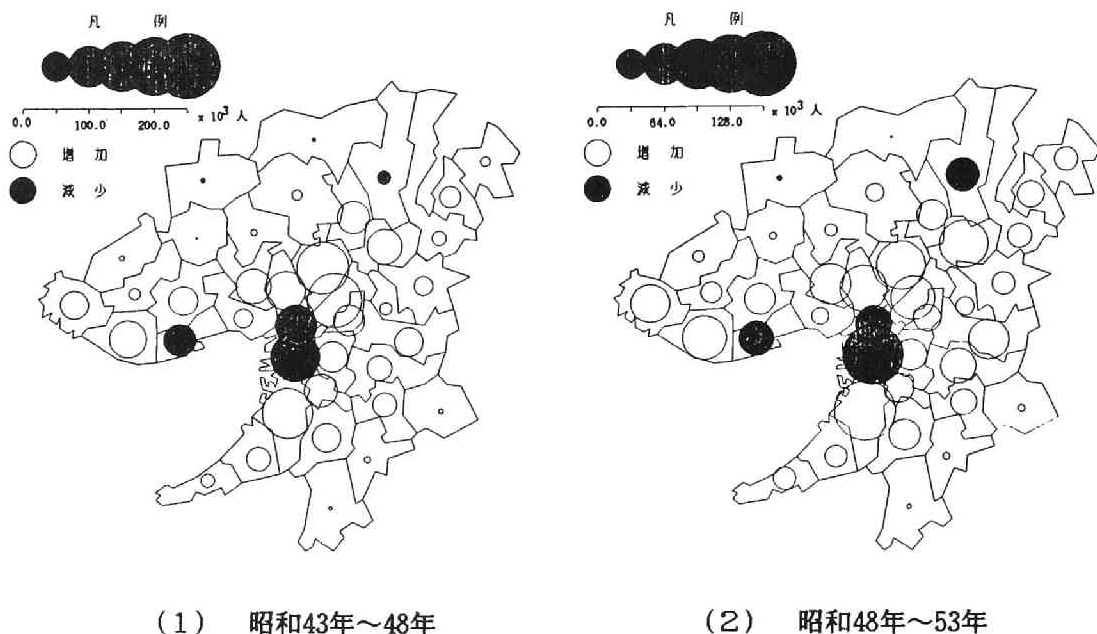


図3-8 大阪都市圏における人口の変化

ンで従業者数が減少しており、都市圏全体で工業の衰退が生じている。都市圏内の総従業者数は、昭和43年に1,866,116人、昭和48年に1,817,035人、昭和53年に1,564,004人と年々減少しており、特に昭和48年から昭和53年にかけての5年間は従業者数の減少が大きい。

さらに業種別に各ゾーンの従業者数の変化を検討したところ、繊維の従業者数は昭和43年～昭和48年、昭和48年～昭和53年の2期間とも一貫した減少傾向がみられた。一方、繊維以外の業種は、昭和43年～昭和48年に大都市周辺部で従業者数の増加がみられたが、昭和48年～昭和53年には、ほぼすべてのゾーンで従業者数が減少している。

② 業務・商業従業者数の推移

図3-7(1)と(2)に、昭和43～48年と昭和48年～53年の2期間における各ゾーンの業務・商業従業者数の変化を示す。都市圏全体の従業者数は、昭和43年に3,260,931人、昭和48年に3,900,402人、昭和53年に4,359,911人と順調な伸びを示している。図3-7の分布をみると、昭和48年～53年に大阪市都心部のゾーンで従業者数の減少がみられるが、これは建設業と卸売業の2業種の従業者数の減少

によるものである。また業種別に従業者数の変化を検討したところ、運輸・通信業は最近の郊外部でのトラックターミナルなどの整備による影響のためか、大都市の都心部では減少、大都市周辺部では増加という傾向がみられた。一方、近隣サービス業と金融・保険・不動産の2業種は、都市圏内の各ゾーンにおいて増加傾向がみられた。

③ 人口の推移

大阪都市圏全体の人口は、昭和43年に13,408,151人、昭和48年に14,556,450人、昭和53年に15,468,624人と、昭和43年～48年、昭和48年～53年の各期間ともに、100万人前後の増加を示している。図3-8(1)と(2)によって各ゾーンの人口の変動傾向をみると、大阪市、神戸市、京都市などの大都市の都心部では、昭和43年～48年、昭和48年～昭和53年の2期間とも人口が減少しているのに対し、大都市周辺部では人口増加が大きく、人口のドーナツ化現象が顕著である。また昭和48年～53年は、昭和43年～48年に比較すると、都心部から離れたゾーンでも人口増加が大きくなっており、ドーナツ化現象の郊外部への進行がみられる。

以上の①～③の分析結果から明らかなように、昭和43年～53年の大阪都市圏では工業の衰退と業務・商業活動の進展、人口のドーナツ化現象という、最近の大都市圏に共通の特徴がみられる。また、昭和48年から昭和53年にかけての工業の衰退は特に大きい。

3-6-2 工業従業者数推計サブモデル

まず、モデル化の対象とする5業種について、表3-3で設定した立地要因と昭和48年の従業者数および昭和43年～48年の従業者数変化との相関分析を行った。その結果、昭和48年の従業者数について各立地要因との間で良好な分析結果が得られたので、本サブモデルでは一時点の従業者数を被説明変数としてモデル式の作成を行うこととした。表3-8に相関分析の結果を示す。立地要因のうち、工業地の地価については相関係数の符号が正であり、想定される符号とは逆になっている。しかし他の要因では、比較的高い相関が得られている。

次に、各業種についてモデル式の作成を検討した。その際、立地要因間の相関が高く、パラメータの推定上問題が生じたため、最終的には式(3-4)の入出荷のアクセシビリティのみを立地要因として回帰分析を行った。表3-9に分析結果を示す。各モデル式は、決定係数値、t値ともに高く、良好な分析結果が得られている。

工業非現業部門の従業者数は、各ゾーンの現業部門の従業者数を立地要因として推

表3-8 工業の従業者数と立地要因との相関係数

業種	立地要因	入出荷の アクセシビリティ	人口への アクセシビリティ	工業地の 地価	港湾への 時間距離
7	食料品	0.85	0.78	0.68	-0.63
8	繊維	0.83	0.60	0.64	-0.30
9	金属	0.89	0.75	0.51	-0.65
10	金属加工	0.91	0.84	0.60	-0.67
11	出版・印刷 ・その他	0.90	0.81	0.59	-0.55

表3-9 工業従業者数推計サブモデルの
キャリブレーション結果

業種	ACSk _i のパラメータ	定数項	R ²
7 食料品	0.242 (9.6)	-537.8	0.715
8 繊維	0.265 (9.1)	-2272.5	0.692
9 金属	0.049 (11.9)	-1352.5	0.794
10 金属 加工	0.348 (13.4)	-3136.1	0.831
11 出版・印刷 ・その他	0.283 (12.4)	-2365.9	0.808

注) ()はt値。

計するが、大阪市都心部(ゾーン1, 2)では工業の中心管理業務の集積が大きいため、従業者数を過小に推計する恐れある。そこで、大阪市都心部については都市圏内の現業部門へのアクセシビリティを式(3-6)と同じ形の指標によって定義し、説明変数として用いることとした。回帰分析の結果を式(3-13)に示す。各パラメータの下の()内の値はt値である。

$$EMI_i^t = 0.129 \cdot EMO_i^t + 0.313 \cdot DA_i \cdot ACS(EMO)_i^t - 1067.8 \quad (3-13)$$

(16.5) (6.2)

$$(\bar{R}^2 = 0.973)$$

ここに、

EMI_i^t : 時点 t, ゾーン i の工業非現業部門従業者数

EMO_i^t : 時点 t, ゾーン i の工業現業部門従業者数

$ACS(EMO)_i^t$: 時点 t, ゾーン i の各ゾーンの現業部門従業者への
アクセシビリティ

DA_i : ゾーン・ダミー変数

(大阪市都心部のゾーンでは1, 他のゾーンでは0)

式(3-13)の推定結果は、決定係数 \bar{R}^2 の大きさ、各パラメータの有意性ともに十分であり良好な結果が得られている。

3-6-3 業務・商業従業者数推計サブモデル

ここでは、表3-5で設定した立地要因を説明変数として、業務・商業活動の各業種ごとに従業者数推計のためのモデル式を作成する。相関分析の結果、昭和43年～昭和48年の従業者数変化と立地要因との間で良好な分析結果が得られたので、本サブモデルでは一定期間中の従業者数の変化を被説明変数とする。表3-10に、各業種の従業者数変化と各立地要因との相関分析の結果を示す。

次に、相関分析の結果にもとづいて、相互に独立性が高くしかも各業種の従業者数変化との相関の高い立地要因を選択し、回帰分析を適用してモデル式の推定を行った。表3-11に推定結果を示す。以下では、業種別に、モデル式の推定結果に対する考察をまとめる。

① 建設業

表3-10をみると、建設業の従業者数変化と相関が高いのは、ローカルサービスの総従業者数 TE_i^{t-1} , 人口 P_i^{t-1} , 業務・商業従業者数の変化 ΔES_i^t の各要

表3-10 業務・商業活動の従業者数変化と立地要因との相関分析の結果

被説明変数	ローカルサービス(ストック量)					ローカルサービス(変化量)					広域的サービス(ストック量)					広域的サービス(変化量)				
	TE	EM	ES	P	ELS	ΔTE	ΔEM	ΔES	ΔP	ΔELS	ACS(TE)	ACS(EM)	ACS(ES)	ACS(P)	ACS(ELS)	ΔACS(TE)	ΔACS(EM)	ΔACS(ES)	ΔACS(P)	ΔACS(ELS)
建設業 (ΔECM _i ^τ)	.84	.81	.84	.85		.69	.54	.85	.43		.80	.78	.81	.77		.66	.45	.76	.08	
卸売業 (ΔEWM _i ^τ)	.83	.84	.81		.76	.75	.44	.81		.85	.81	.80	.81		.79	.73	.33	.78		.78
近隣サービス業 (ΔELS _i ^τ)	.87	.91	.84	.90		.90	.56	.98	.15		.86	.86	.85	.86		.87	.34	.92	.37	
金融・保険・不動産業 (ΔEFM _i ^τ)	.91	.87	.90	.78		.68	.60	.86	.40		.80	.77	.81	.74		.68	.42	.76	.13	
運輸・通信業 (ΔETM _i ^τ)	-.58	-.41	-.62	-.26		-.29	.57	.47	.80		-.37	-.29	-.40	-.23		-.07	.61	-.20	.54	
電気・ガス・水道業 (ΔERM _i ^τ)	.44	.48	.41	.31		.63	.15	.57	.03		.38	.39	.38	.33		.54	.03	.52	.29	

注1) ローカルサービス(ストック量)と広域的サービス(ストック量)の記号については、添字 t-1, i を省略した。

注2) ローカルサービス(変化量)と広域的サービス(変化量)の記号については、添字 τ, i を省略した。

表3-11 業務・商業従業者数推計サブモデルのキャリブレーション結果

業種	モデル式	(t値)
建設業	$\Delta ECM_i^\tau = 0.0043 \cdot (TE_i^{t-1} + P_i^{t-1})$ $+ 0.0694 \cdot \Delta ES_i^\tau - 269.17$	$(\bar{R}^2 = 0.766)$
卸売業	$\Delta EWM_i^\tau = 0.0199 \cdot ACS(ELS)_i^{t-1} + 0.0588 \cdot \Delta ACS(ELS)_i^\tau$	$(\bar{R}^2 = 0.653)$
近隣サービス業	$\Delta ELS_i^\tau = 0.018 \cdot (TE_i^{t-1} + P_i^{t-1}) + 0.047 \cdot (\Delta TE_i^\tau + \Delta P_i^\tau)$	$(\bar{R}^2 = 0.881)$
金融・保険 不動産業	$\Delta EFM_i^\tau = 0.0123 \cdot TE_i^{t-1} + 0.0368 \cdot \Delta ES_i^\tau$	$(\bar{R}^2 = 0.830)$
運輸・通信業	$\Delta ETM_i^\tau = 0.0271 \cdot \Delta P_i^\tau + 0.0602 \cdot \Delta ACS(EM)_i^\tau$	$(\bar{R}^2 = 0.666)$
電気・ガス ・水道業	$\Delta ERM_i^\tau = 0.224 \cdot 10^{-3} \cdot (TE_i^{t-1} + P_i^{t-1})$ $+ 0.0017 \cdot (\Delta TE_i^\tau + \Delta P_i^\tau) + 2.07$	$(\bar{R}^2 = 0.211)$

因である。しかし、これらの要因を説明変数として回帰分析を適用したところ、 TE_i^{t-1} と P_i^{t-1} の内部相関が高く重共線性の問題が生じた。そこで、これら2つの要因はたし合わせて使用することとし、表3-11のモデル式を得た。推定結果は、決定係数値、t値ともに、ほぼ良好な結果が得られている。

② 卸売業

卸売業の立地は、一般にはその主要な取引相手である近隣サービス業と関連が深いものと考えられる。表3-10の分析結果でも、近隣サービス業に関する立地要因 ELS_i^{t-1} 、 ΔELS_i^t 、 $ACS(ELS)_i^{t-1}$ 、 $\Delta ACS(ELS)_i^t$ との相関が高い。ここではこれらの要因のうち、広域的サービスに係わる $ACS(ELS)_i^{t-1}$ と $\Delta ACS(ELS)_i^t$ の2要因を用いて回帰分析を行った。推定結果は、決定係数値、t値ともに、ほぼ良好な結果が得られている。

③ 近隣サービス業

近隣サービス業は、居住者や従業者に各種の日用品やサービスを提供する業種である。ここでは、近隣サービス業に関する顧客条件を表わす説明変数として、総従業者数と人口の和 ($TE_i^{t-1} + P_i^{t-1}$) および総従業者数と人口の和の変化 ($\Delta TE_i^t + \Delta P_i^t$) を定義し、回帰分析を行った。推定結果は、決定係数値、t値ともに良好である。

④ 金融・保険・不動産業

表3-10をみると、金融・保険・不動産業はローカルなサービス対象を表わす立地要因との相関が高くなっており、自ゾーン内のサービス対象活動の立地量によって従業者数変化を説明することが可能である。ここでは最終的には、総従業者数 TE_i^{t-1} と業務・商業従業者数の変化 ΔES_i^t を説明変数として回帰分析を適用した。推定結果は、決定係数値、t値ともに、ほぼ良好な結果が得られている。

⑤ 運輸・通信業

表3-10の結果では相関係数がマイナスとなっている立地要因が多く、ローカルなサービスを表わす ΔEM_i^t と ΔP_i^t 、広域的なサービスを表わす $\Delta ACS(EM)_i^t$ の3つの要因のみが正の相関となっている。ここでは、これらの中で相関係数値の大きい ΔP_i^t と $\Delta ACS(EM)_i^t$ の2つの要因を説明変数として回帰分析を行った。推定結果は、決定係数値、t値ともに、ほぼ良好である。

⑦ 電気・ガス・水道業

表3-10をみると、電気・ガス・水道業はほとんどの立地要因について相関係数の符号は正であるものの、全般に相関が低い。ここでは、電気・ガス・水道業の従業者数は、自ゾーンの人口や従業者数に比例して変化すると考え、総従業

者数と人口の和 ($TE_i^{t-1} + P_i^{t-1}$)、および総従業者数と人口の和の変化 ($\Delta TE_i^t + \Delta P_i^t$)を説明変数として回帰分析を行った。表3-11の結果をみると、各パラメータの有意性は高いものの、モデル式の決定係数 \bar{R}^2 は0.211と低い。電気・ガス・水道業は発電所や供給処理施設などの大規模な施設も含むので、他の活動に対するサービスの関係だけでは立地パターンを十分に説明できなかったものと思われる。この業種については立地動向に関する調査をふまえたうえで、計画立地的な取り扱いをすることも必要と考えられる。

3-6-4 人口推計サブモデル

3-4-3で述べたように人口の変動は自然変動と社会変動によって説明されるが、このうち自然変動は各ゾーンとも人口に対して一定の比率で生じるものと仮定する。社会変動には種々の要因が影響するが、都市圏内の居住活動で最も重要な要因の1つは通勤条件の変化と考えられる。そこで本研究では、次の式(3-14)で表わされるアクセシビリティを通勤条件の指標とし、その τ 期間($t-1 \sim t$ 時点)中の変化を説明変数とする。

$$ACS(TE)_i = \sum_j TE_j / \exp(\alpha \cdot T_{ij}^R) \quad (3-14)$$

ここに、

- ACS(TE)_i : ゾーン i の通勤アクセシビリティ
- TE_j : ゾーン j の総従業者数
- T_{ij}^R : 鉄道利用によるゾーン ij 間の時間距離
- α : 交通抵抗パラメータ

また、図3-10と図3-11に示したように、大阪都市圏では、大阪市、神戸市、京都市などの大都市の都心部で人口が減少している。このような都心部での人口減少は、都心部の高地価、住宅の質の低下、居住環境の悪化などの様々な要因に起因するものと考えられる。ここでは、人口減少が都心部の過密による居住環境の悪化によるものと考え、従来の研究を参照して、人口 (P_i^{t-1}) と総従業者数 (TE_i^{t-1}) の積を過密の指標として用いることとした。

以上の変数設定のもとで、式(3-14)のパラメータを推定した結果を、式(3-15)に示す。() 内は t 値である。

$$\Delta P_i^t = 0.029 \cdot P_i^{t-1} + 1.45 \cdot \Delta ACS_i^t$$

(0.7) (3.9)

$$- 0.209 \cdot 10^{-6} \cdot (P_i^{t-1} \cdot TE_i^{t-1}) - 11089.1 \quad (3-15)$$

(7.4)

($\bar{R}^2=0.686$)

推定結果をみると、決定係数値 \bar{R}^2 は 0.686であり、比較的良好な説明力が得られている。また各パラメータの有意性は、右辺第一項の人口の自然変動に関する変数のパラメータのt値が若干低い、ほぼ良好な結果となっている。

3-7 モデルの予測精度の検証結果と考察

次に3-6で作成したモデル式を用いて、昭和53年の各業種の従業者数と人口を予測し、予測値と実績値を比較することにより、土地利用のマクロモデルの予測精度を検討する。

予測の際には、まず、昭和53年時点における各業種の従業者数と人口のコントロールトータル、外生的に与える工業業種の従業者数、ゾーン間の時間距離などの条件を外生情報として与え、工業従業者数推計サブモデルによって工業の各業種の従業者数をゾーン別に予測する。次に、人口推計サブモデルと業務・商業従業者数推計サブモデルを順次適用し、各ゾーンの人口と業務・商業活動の各業種の従業者数を予測する。そして、昭和53年の従業者数と人口のコントロールトータルを最終的に得られた各ゾーンの人口と各業種の従業者数に比例して各ゾーンに配分し、最終的な予測結果とする。

表3-12に、相関係数を用いた予測値と実績値の比較結果を示す。表中には、昭和53年の従業者数、人口を用いた予測精度の検証結果と、昭和48年～53年の従業者数、人口の変化を用いた検証結果を示している。以下ではサブモデル別に、検証結果に対する考察をまとめる。

① 工業従業者数推計サブモデル

表3-12をみると、昭和53年の従業者数に関しては各業種とも相関係数値が高く、良好な予測結果が得られている。しかし、昭和48年～53年の従業者数変化に対する検証結果では、食料品と出版・印刷・その他の2業種に対する予測精度が他の業種に比べて低い。これらの業種に関する予測誤差の分布を地図上で検討したところ、食料品では予測誤差に大きな地域的偏りはみられなかったが、出版・

印刷・その他は大阪市内のゾーンにおける従業者数を過小に予測する傾向がみられた。これらの業種のうち、食料品は図3-4に示した製造品の取引関係では、他の業種と比較的独立していること、また出版・印刷・その他には業務活動的な特徴をもつ業種も含まれていることなどが、予測精度を低くした原因の一つと考えられる。この2業種については、立地動向に関する調査をふまえて入出荷条件以外の要因についても考慮する必要があるだろう。

② 業務・商業従業者数推計サブモデル

業務・商業活動の業種のうち、前節で良好なキャリブレーション結果が得られた、建設業、金融・保険・不動産業、近隣サービス業の3業種については、予測精度も良好である。しかし運輸・通信業では、昭和48年～53年の従業者数変化に対する予測精度がやや低い。予測誤差の地図上での分布を検討したところ、大都市周辺部で過小の予測結果となっているゾーンが多かった。この業種については、最近、大都市周辺部での流通ターミナルの整備によって、事業所の移転がかなり

表3-12 土地利用のマクロモデルの
予測精度の検証結果

分析対象業種		相関係数	
		昭和53年 活動立地	昭和48~53年 活動立地変化
工 業	7 食料品	0.954	0.186
	8 繊維	0.969	0.855
	9 金属	0.975	0.904
	10 金属加工	0.970	0.751
	11 出版・印刷・その他	0.975	0.475
	12 工業非現業部門	0.979	0.761
業 務 ・ 商 業	1 建設業	0.998	0.937
	2 卸売業	0.999	0.748
	3 近隣サービス業	0.999	0.939
	4 金融・保険・不動産業	0.999	0.599
	5 運輸・通信業	0.997	0.555
	6 電気・ガス・水道業	0.984	0.439
人 口		0.994	0.750

あると思われるので、その実態を考慮することも必要と考えられる。また、電気・ガス・水道業はモデル式の推定精度が低かったが、従業者数変化に対する予測精度もあまり高くない。キャリアレーションの際にも述べたように、この業種は計画的に立地するものとして、外生的に与えるなどの方法が必要と思われる。

③ 人口推計サブモデル

人口の予測精度は、昭和53年の人口に対して 0.994、昭和48年～53年の人口変化に対して0.750 と良好であり、式(3-15)は人口の推計式として有効であるといえる。しかし予測誤差の地図上での分布を検討したところ、大きな人口減少を示している大阪市都心部のゾーンでは減少量を過大に予測する傾向がみられた。モデル式では、過密指標の導入によって大都市の都心部での人口減少を説明することとしたが、指標の形についてはさらに検討を加える必要があろう。

3-8 結 語

本章では広域都市圏を対象として、種々の都市活動の立地をゾーン単位のマクロな指標を用いて従業者数、人口ベースで予測するモデルを構築した。さらに大阪都市圏を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を検討した。以下に、本章で構築した土地利用のマクロモデルによって可能となった事項、ケーススタディによって得られた成果、今後の検討課題のそれぞれについてまとめる。

まず、本章で構築した土地利用のマクロモデルによって以下の諸点を可能とすることができた。

- ① 本モデルでは、モデルを適用する際の操作性を向上させるため、都市活動を工業従業者、業務・商業従業者、人口の3種類に大別し、活動間に一定の立地序列を設け、活動立地を逐次的に推計する方法を提案した。
- ② また①で述べた立地序列にもとづいて、業務・商業従業者数推計サブモデルと人口推計サブモデルの2つのサブモデルの間では、ガリン・ローリーモデルに見られる経済基礎メカニズムによる都市活動の生成関係を考慮した。
- ③ 各サブモデルでは業種を細分化し、工業活動について12業種（ただし、このうち6業種は外生とした）、業務・商業活動について6業種を設定し、モデルの精緻化を可能とした。また、細分化は既存の公開されている統計データの範囲内で行っており、細分化のために特別なデータは使用していないことも本モデルの特徴である。
- ④ 従来の線形都市モデルでは、モデル式の精度を向上させるために説明変数を数

多く設定することが多く、説明変数と被説明変数の因果関係や各パラメータの統計的な有意性がいまいになっている場合が多い。本モデルでは、各サブモデルにおける立地要因の設定やモデル式の推定において、式の論理性や統計的な有意性を十分に考慮し、適切なモデル式の設定を可能とした。

次に、大阪都市圏を対象としたケーススタディでは、モデル式のキャリブレーションとモデルの予測精度の検証を行ったが、その結果次の成果が得られた。

- ① 工業従業者数推計サブモデルでは、食料品、繊維、金属、金属加工、出版・印刷・その他の5業種について従業者数推計のためのモデル式を作成した。立地要因としては、地域内の工業業種との入出荷のアクセシビリティ、夜間人口へのアクセシビリティ、工業地の地価、主要港湾への時間距離の4種類の要因を設定した。そして最終的には、地域内の工業業種との入出荷のアクセシビリティを説明変数としてモデル式のパラメータを推定したが、各業種とも推定精度は良好であった。さらにモデルの予測精度を検証した結果、地域内工業業種との取引関係が顕著な、繊維、金属、金属加工の3業種については良好な結果が得られた。食料品と出版・印刷・その他については、他の工業業種との取引関係が顕著ではなく、昭和48～53年の従業者数変化に対する予測精度が低かった。しかし、昭和53年の従業者数に対する予測精度は良好であった。
- ② 業務・商業従業者数推計サブモデルでは、立地要因をサービス対象活動への近接性としてモデル式の作成を行った。そして設定した業種のうち、建設業、卸売業、近隣サービス業、金融・保険・不動産業、運輸・通信業の各業種については、モデル式の推定精度、予測精度ともにほぼ良好な結果が得られ、モデル式の有効性が示された。電気・ガス・水道業については、モデル式の推定精度が他の業種に比べて低かったが、昭和53年の従業者数に対する予測精度はほぼ良好であった。
- ③ 人口推計サブモデルでは、人口の自然変動と社会変動に着目してモデル式の作成を行った。社会変動の要因としては、通勤条件を考慮したほか、大都市都心部での人口減少を説明するために、居住環境条件として過密の指標を設定した。ケーススタディの結果はモデル式の推定精度、予測精度ともに良好であり、モデル式の有効性が示された。

最後に、ケーススタディの結果をふまえて、今後の課題と考えられる事項をまとめる。

- ① 工業従業者数推計サブモデルでは、一部の業種の立地を外生的に扱っている。しかし、その設定については各業種の立地の実態を十分に調査する必要がある。また予測精度が十分ではなかった、食料品と出版・印刷・その他工業の2業種に

については、立地要因の再検討も必要であろう。

- ② 業務・商業従業者数推計サブモデルの業種の中には、電気・ガス・水道業や運輸・通信業のように、立地が必ずしもサービス需要に比例するのではなく、計画的に行われる場合が多い業種もある。このような業種については、立地動向に関する調査をふまえたうえで、モデル化を再検討することも必要と考えられる。
- ③ 人口推計サブモデルでは、居住に関係する立地要因のうち、住宅ストックについては説明変数を設定していない。各ゾーンの住宅ストックの状況は居住地の選択に大きな影響をもつと考えられるので、今後は住宅に関する要因も考慮してモデルの拡張を検討する必要がある。
- ④ 業務・商業従業者数推計サブモデルと人口推計サブモデルの各モデル式は、通常の最小二乗法(Ordinary Least Squares(OLS))による回帰分析を適用してパラメータ推定を行った。しかし、モデル式によっては説明変数の中に他のモデル式の被説明変数が含まれている場合があり、OLSによる推定ではパラメータにバイアスを生ずる恐れがある。したがって、二段階最小二乗法(Two Stage Least Squares(2SLS))などのバイアスを除去しうる回帰分析の適用が望ましい。

以上の検討課題の解決のためには、新たな調査の追加やモデルの大規模化、複雑化を伴う。したがって、検討課題への対処にあたっては、実際の計画策定におけるモデルの適用性やモデルの操作性とのバランスを考慮することが必要となろう。

第3章参考文献

- 1) 天野・阿部・瀧浪：都市圏における活動分布モデルに関する研究，昭和58年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，IV-3，1983.
- 2) 天野・阿部・谷口：都市圏における活動立地分布モデルに関する実証的研究，昭和59年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，IV-13，1984.
- 3) 谷口・戸田・阿部：大阪都市圏を対象とした活動立地モデルに関する研究，土木学会第39回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.77~78，1984.
- 4) Amano,K., Toda,T. and Abe,H. : An Activity Location Model for the Osaka Metropolitan Area, *Memoirs of the Faculty of Engineering Kyoto University*, Vol.46, No.4, pp.62~76, 1984.
- 5) 阿部・天野：広域都市圏を対象とした活動立地モデルに関する研究，土木計画学研究・論文集2，pp.165~172，1985.
- 6) Lowry,I.S. : A Model of Metropolis, RM-4035-RC, RAND Corporation, Santa Monica, California, 1964.
- 7) Garin,R.A. : A Matrix Formulation of the Lowry Model for the Inter-metropolitan Activity Location, *Journal of the American Institute of Planners* 32, pp.361~364, 1966.
- 8) Batty,M. : *Urban Modelling*, Cambridge University Press, pp.49~48, 1976.
- 9) Hill,D.M.,et al : Prototype Development of Statistical Land-use Prediction Model for Greater Boston Region, *Highway Research Record* No.114, pp.51~70, 1966.
- 10) US Department of Transportation : *Laboratory Testing of Predictive Landuse Models : Some Comparisons*, NSF-G1-38978, National Science Foundation, Washington,D.C., 1976.
- 11) Foot,D. : A Comparison of Some Landuse Allocation/Interaction Models, *Geographical Papers* 31, Department of Geography, University of Reading, Reading, 1974.
- 12) Foot,D. : *Operational Urban Models, An Introduction*, Methuen, pp.171~173, 1981.
(青山・戸田・阿部・近藤共訳：都市モデル—手法と応用，丸善，1984.)
- 13) 上掲12)，pp.171~173.
- 14) 上掲12)，p.173.

- 15) Putman, S.H. : Urban Residential Location Models, Studies in Applied Regional Science, Vol.13, Martinus Nijhoff Publishing, pp.7~49, 1979.
- 16) Putman, S.H. : An Empirical Model of Regional Growth, Regional Science Research Institute, pp.11~40, 1975.
- 17) 上掲12), pp.162~163.
- 18) 上掲16), pp.11~40.
- 19) 鈴木啓祐 : 空間人口学(上), 大明堂, pp.86~89, 1980.
- 20) 日本住宅公団 : 近畿圏における地域別住宅・宅地需要予測システムの開発に関する調査研究, pp.1~7, 1980.
- 21) 青山・西岡 : 交通計画における時間価値研究の系譜, 第2回土木計画学研究発表会講演集, pp.61~70, 1981.
- 22) 柏谷増男 : 長期間データを用いた土地利用モデル, 地域学研究第13巻, pp.25~43, 1983.

第4章 土地利用のマイクロモデルの構築¹⁾⁻⁷⁾

4-1 概説

本章では、都市内の狭小なゾーンを対象として、将来の土地利用を予測するモデル(土地利用のマイクロモデルとよぶ)を構築するとともに、大阪府域を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を検討する。土地利用のマイクロモデルは、土地利用の形成を、各活動主体による土地区画の取引というマイクロな立地行動に着目してモデル化しており、ゾーン内の土地利用を土地面積ベースで予測する。以下、まず4-2では、土地利用のマイクロモデルと従来の研究との関連を述べる。次に、4-3と4-4では、土地利用のマイクロモデルの概要と各サブモデルの内容を説明する。そして、4-5~4-7では、大阪府域を対象としたケーススタディの結果をまとめる。さらに、4-8では、本章の研究成果をまとめるとともに、今後の課題を述べる。

4-2 従来の研究との関連

本章で提案する土地利用のマイクロモデルは、都市内の小ゾーン単位の土地利用を、土地取引の過程に着目して予測するモデルである。このような小ゾーンでは、各ゾーンの土地資質が多様であり、各活動主体の特性も土地利用形成に強く影響することから、都市圏レベルの土地利用モデルに比較して、活動主体や土地資質の多様性を考慮したきめ細いアプローチが必要となる。また、わが国の都市では、土地利用の混在、高水準の地価、土地投機などの固有の土地問題が存在することから、マイクロな土地利用形成に着目したモデルの構築は、このような土地問題に対処するうえでも重要であると考えられる。


(1) 土地取引に着目した土地利用の形成メカニズム


都市内の土地利用は、基本的には、各活動主体が都市内の土地をその魅力度にもとづいて評価し、土地市場におけるつけ値競争を通じて希望する土地に立地することにより形成される、と考えることができる。

たとえば、Lowry^{8),9)}は、図4-1の例を用いて上述の土地利用の形成過程を説明している。この図では、都市内には8個の土地区画が存在し、各区画には現在活動主体が立地している。また、各区画には別に所有者が存在するものとする。

いま、一定の土地取引の期間を考え、各活動主体は、取引期間の期首に現在利用し

		(土地区画)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
活動主体	A	7	3	16	10	10	15	20	5
	B	4	9	9	12	2	8	13	7
	C	8	5	15	6	3	7	11	19
	D	9	7	9	17	8	14	19	16
	E	6	2	16	10	15	17	18	5
	F	7	2	11	16	14	18	3	9
	G	8	6	17	13	9	3	17	14
	H	10	3	14	7	5	15	2	10

 期首に立地する土地区画

 期末に立地する土地区画

枠内の数値は各活動主体によるつけ値を表わす。
(単位は万円/㎡とする)

図4-1 各活動主体のつけ値と土地利用変化の関係

ている区画も含めて都市内のすべての区画を再評価し、各区画の利用に対して支払ってもよい金額を決めると仮定する。この価格は各区画の利用に対する需要価格であり、「つけ値」(bid price) とよばれる。図4-1の数字は、ある取引期間の期首に各活動主体が各区画に対してつけたつけ値を表わす。たとえば1行目の数字は、活動主体Aが区画1に7万円/㎡、区画2に3万円/㎡、区画3に16万円/㎡ …… というつけ

値を与えたことを表わす。

つけ値は一般には潜在的なものであり、図4-1に示す値を実際に知ることはできない。しかし、もし図4-1のつけ値を区画の所有者が知ることができれば、所有者は自己の所有する区画に最高のつけ値をつけた活動主体を次期の区画利用者として選択するであろう。このことはある土地区画において、競合する活動主体が土地区画の競り（これは立地競争ともよばれる）を行い、最高のつけ値をつけた主体が新たな区画利用者になると考えることもできる。たとえば、図4-1の第1列をみると、区画1では活動主体Hは既存の活動主体Aよりも高いつけ値をつけているため、次期には区画1に立地する活動主体はAからHに変化する。そして、他の区画についても同様につけ値を比較すると、次期には図4-1に示すような利用者の変化が生じることになる。また、各区画に新たに立地する活動主体のつけ値は、土地市場における均衡価格として、次期の地価となる。

(2) 従来に関連研究

都市における土地利用の形成を、上述のつけ値の概念を用いて説明しようとする試みは、主として都市経済学の分野において進められてきた。この分野の研究は、単一中心都市、土地の同質性などの単純化されたフレームの中で、家計や企業の行動理論にもとづいて厳密な論理展開を行い、都市における土地利用や地価の形成を理論的に説明する点に特徴がある。その研究成果は実用的な土地利用モデルの開発に対して様々な影響を与えてきたものの、単純化されたフレームワークのため、現実の都市を対象とした予測モデルとして直接利用されることはなかった。

一方、わが国の都市は土地利用が複雑に混在しており、地価が土地利用形成の重要な要因となっていることから、地価と土地利用形成の関連を明示的に考慮したアプローチが求められてきた。そして、昭和40年代後半以降、地価データや土地利用データが整備されるようになってから、地価を媒介としたミクロな土地利用形成を扱う土地利用モデルが開発されている。主要な研究としては、表4-1に示す青山・森杉¹⁰⁾、中村・林・宮本¹¹⁾、中原・太田¹²⁾、佐佐木・朝倉¹³⁾、そして本章で説明する筆者らによる研究がある。

これらの研究に共通な特徴は、各ゾーンの魅力度や地価を多様な要因を用いて説明していること、土地利用形成において地価を重要な要因としていること、都市内の狭小なゾーンを分析単位としていることである。これらは、いずれもわが国の土地利用の特性を考慮した特徴といえる。また中村・林・宮本や佐佐木・朝倉らの研究のように、立地競合などの都市経済におけるミクロな土地利用形成の概念を取り入れたモデルも開発されており、都市経済学における理論の実用化としての意義をもつものと思

表4-1 従来に関連研究とその特徴

研究者 (発表年)	対象地域	活動分類	モデルの概要	特 徴
青山吉隆 森杉寿芳 (1970年)	大阪府域 (1kmメッシュ)	<ul style="list-style-type: none"> ・都市圏 商 業 ・内陸性 工 業 ・世 帯 および 生活圏 商 業 	<p>各土地利用主体があるゾーンを利用する際に、ゾーンを評価する基準となる指標を「適地度」と定義する。そして、企業と世帯のミクロな立地行動に関する考察から、適地度関数が土地特性によって表わされることを導いている。また、交通条件、都市施設条件、周辺の土地利用などの土地特性に関する要因を説明変数として、数量化理論II類を適用し、適地度関数を推定している。さらに、同じ土地特性を用いて地価関数を推定し、適地度と地価の関係から各土地利用主体の立地性向を検討している。</p>	<p>各土地利用主体の適地度関数を実証的に分析することを研究目的としており、予測モデルとしての構成はとっていない。</p>
中村英夫 林 良嗣 宮本和明 (1981年)	横浜市 緑区、 港北区 (1kmメッシュ)	<ul style="list-style-type: none"> ・戸建低密 住宅地 ・戸建高密 住宅地 ・中高層 住宅地 ・地区中心 商業地 ・工業地 	<p>1km²メッシュを対象として、メッシュ内の住宅地、商業地、工業地の土地利用面積を予測する土地利用モデルである。土地利用は、計画立地、競合立地、付随立地、新規用地供給地、利用不可能地の5種類に分類しているが、特に競合立地型の土地利用の配分の際に、「立地余剰」という新たな概念を提案している。立地余剰は、平均期待効用と平均地価との差として定義され、立地主体ごとに設定した地価式を用いて推計する。そして、立地余剰の大きいメッシュから、活動を順次配分する。</p>	<p>立地余剰は、ある1つの活動によるゾーンの選好とある1つのゾーン内における活動の立地競争力を同時に考慮した指標である。したがって、立地余剰によって、立地主体間の競合関係と各主体の立地選好を同時に処理することができる。また、立地余剰の分布には正規分布を仮定しており、立地配分における不確実性も考慮している。</p>
中原 宏 太田 實 (1983年)	札幌市域 (500m メッシュ)	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅地 ・商業地 ・工業地 	<p>住宅地、商業地、工業地のそれぞれについて、地価関数を作成し、地価階層別に設定した土地利用判別式と組み合わせることによって、将来の土地利用類型を予測するモデルを開発している。地価関数と土地利用判別式の説明変数としては、交通条件、都市施設条件、用途地域指定などの土地特性に関する要因が使用されている。</p>	<p>予測内容は、各メッシュの土地利用類型であり、土地利用の定量的な予測は行っていない。</p>

表4-1 従来の関連研究とその特徴（続き）

研究者 (発表年)	対象地域	活動分類	モデルの概要	特徴
住佐木綱 朝倉康夫 (1984年)	大阪市域 (行政区を 統合した 4ゾーン)	・家計 ・小規模 商業 ・大規模 商業 ・業務 ・工業	土地市場における土地利用主体間の立地競争を、ゲームの理論を用いてモデル化している。土地市場は床の需要者と供給者で構成され、異なる水準の立地ポテンシャルをもつ需要者と供給者間で床の取引が行われて、土地利用の変化が生じると仮定する。立地ポテンシャルは種々の環境条件を用いた主成分分析による総合評価値を説明変数として、地価式によって推計する。そして、立地ポテンシャルの活動間での相対的な差を相対的ポテンシャルと定義し、効用関数を仮定したうえで、ゲームの理論を適用して床面積の変動量を推計する。	相対的ポテンシャルの定義は、中村らのモデルにおける立地余剰の定義とほぼ同じである。モデル内では、土地市場における需要者と供給者の間の取引過程を明示的に考慮しており、ゲームの理論を適用して需給を均衡させる点に特徴がある。

われる。

(3) 本研究の特徴

本章で提案する土地利用モデルは、各活動主体による土地区画の取引というミクロな土地利用形成の概念にもとづいて構築されている。モデルの主要な特徴を、以下にまとめる。

- ① 都市活動間の土地取引の過程を、地価分析を通じて設定したつけ値を用いてモデル化し、土地利用の形成をミクロな立場からシミュレートする。
- ② つけ値を推計する際には、各土地区画の資質と関連する多様な要因を考慮している。また正規分布を用いてつけ値を確率的に扱うことにより、土地取引におけるつけ値の不確実性も考慮している。
- ③ 土地区画を単位とする土地取引の過程をできるだけ忠実にモデル化するため、土地区画を擬似的に設定し、正規乱数を用いたモンテカルロシミュレーションを適用して土地利用を予測している。
- ④ 用途地域指定による立地活動の制限、既存立地活動の存続立地に対する選好など、土地市場の経済メカニズムだけでは十分に説明できない特殊な要因も、モデル中で明示的に考慮している。

4-3 土地利用のマイクロモデルの概要

4-3-1 モデル構築の基本方針

4-2で述べたように、土地利用パターンは、各都市活動主体が都市内の土地区画の中から各主体にとって最も魅力度の大きい区画を選択し、土地市場における立地競争を通じてその区画に立地することにより確定される。土地利用のマイクロモデルでは、このような土地市場の最小単位となる一区画の土地取引というマイクロな立地行動をできる限り忠実にシミュレートすることを試みる。以下ではまず、本モデルの基礎となる土地利用の変動メカニズムを説明する。

都市内の土地は、一般には異なる資質をもつ多数の土地区画から構成されている。各区画には通常は利用者があり、既存の区画利用者と新規の利用希望者との間で区画の売買や貸借などの取引が行われて区画の利用者が変化する。そして区画の取引の結果、都市内の土地利用は変動する。

区画の取引の際に、立地を希望する活動主体は、その区画のもつ資質を評価して区画に支払ってもよい金額を定める。この金額は、4-2で説明したつけ値である。一方、区画の既存利用者自身も現在利用している区画に対してつけ値を与えると考える。

そして、1つの区画には、一般には既存の区画利用者も含めて複数の利用希望者が存在するので、利用希望者間で立地競争が行われ、利用希望者のうち最高のつけ値をつけた主体がその区画を入手して新たな利用者となる。

ところで、都市内には各活動主体にとって立地可能な土地区画が多数存在するので、各主体は都市内の土地区画の資質を比較し、自己にとって最も魅力度の大きい区画への立地を希望するものと考えられる。つけ値は区画に対する活動主体の支払意思額であり、各主体は区画の魅力度の大きさに応じてつけ値をつけると考えられる。したがって、つけ値は同一の主体内で比較すると各土地区画の魅力度を表わす指標とみることがもできる。

以上の考察に従えば、ある土地区画に立地を希望する主体間でのつけ値の比較と、ある活動主体によるつけ値の区画間での比較という2つの操作によって、各土地区画に立地する活動主体を予測することができる。

以上が本モデルの基礎となる仮説である。次に、表4-2の例を用いて、以上の仮説にもとづく土地利用の変動過程を具体的に説明する。表4-2では、土地区画を1, 2の2区画、各区画に現在立地している活動主体を S_1 , S_2 , 新規に立地を希望する活動主体をA, Bとし、各主体によるつけ値を表中に示す値とする。

まず、各区画におけるつけ値の大きさにもとづいて、各活動主体の各区画における

表4-2 つけ値概念を用いた
土地利用変動メカニズムの説明例

活動主体(k)		区画1に対する つけ値	区画2に対する つけ値
		B_1^k	B_2^k
新規立地 主体	(A)	10	20
	(B)	30	40
既存立地 主体	(S ₁)	20	—
	(S ₂)	—	10

立地競争力を比較する。区画1では現在S₁が立地しており、AとBの2主体が新たに立地を希望している。表4-2より、活動主体A、B、S₁のつけ値は、それぞれ10、30、20であるから、つけ値の大小関係は次のようになる。

$$B_1^A < B_1^{S_1} < B_1^B$$

したがって、つけ値の大きさからみて区画1では活動主体Bの立地競争力が最も強く、3主体の中ではBが立地する可能性が最も高い。活動主体Aは、区画1の既存立地主体S₁よりも小さいつけ値をつけているので、S₁が他の区画に移動しなければ区画1には立地できない。

同様に、区画2について各活動主体によるつけ値の大きさを比較すると、

$$B_2^{S_2} < B_2^A < B_2^B$$

したがって、区画2でも活動主体Bの立地競争力が最も強い。活動主体Aは、既存立地主体S₂よりも大きいつけ値をつけているので、活動主体Bが区画1に立地を希望すれば区画2に立地することができる。

次に、各活動主体ごとに区画間でつけ値を比較することにより、各主体の立地選好

を検討する。まず、活動主体Aの区画1と2に対するつけ値はそれぞれ10、20であるから、その大小関係は次のようになる。

$$B_1^A < B_2^A$$

したがって、活動主体Aは区画2への立地を選好する。同様に、活動主体Bについて各区画に対するつけ値を比較すると、

$$B_1^B < B_2^B$$

したがって、活動主体Bも区画2への立地を選好する。

以上の結果から、区画2では活動主体Bが最も大きいつけ値をつけ、しかもBは区画2に対して区画1よりも大きなつけ値をつけているので、区画2への立地を選好し、区画2ではBが新たな利用者となる。区画1では、活動主体Aのつけ値が既存活動主体 S_1 のつけ値よりも小さいので、既存の立地主体 S_1 がそのまま区画1に立地する。そして、以上の結果より、各区画に立地する活動主体は次のように変化する。

$$\begin{array}{l} \text{区画1では, } S_1 \rightarrow S_1 \\ \text{区画2では, } S_2 \rightarrow B \end{array}$$

4-3-2 土地利用のマイクロモデルの全体構成

土地利用のマイクロモデルでは、4-3-1で説明した1区画ごとの土地取引というマイクロな立地行動を基礎として、シミュレーションモデルを構築する。図4-2にモデルの全体構成を示す。モデル全体は、つけ値推計サブモデル、立地競争サブモデル、立地需要予測サブモデル、調整サブモデルの4つのサブモデルによって構成されている。

まず、つけ値推計サブモデルでは、土地資質に関する要因をつけ値形成要因として各ゾーンに含まれる土地区画に対する各活動主体のつけ値を推計する。

次に、立地競争サブモデルでは、各区画ごとに各活動主体のつけ値の大小を比較し、その結果にもとづいて各区画における活動主体の立地優先順位を決める。立地優先順位は、各立地主体の立地競争力からみて、どの主体がその区画に立地可能であるかを表わす。

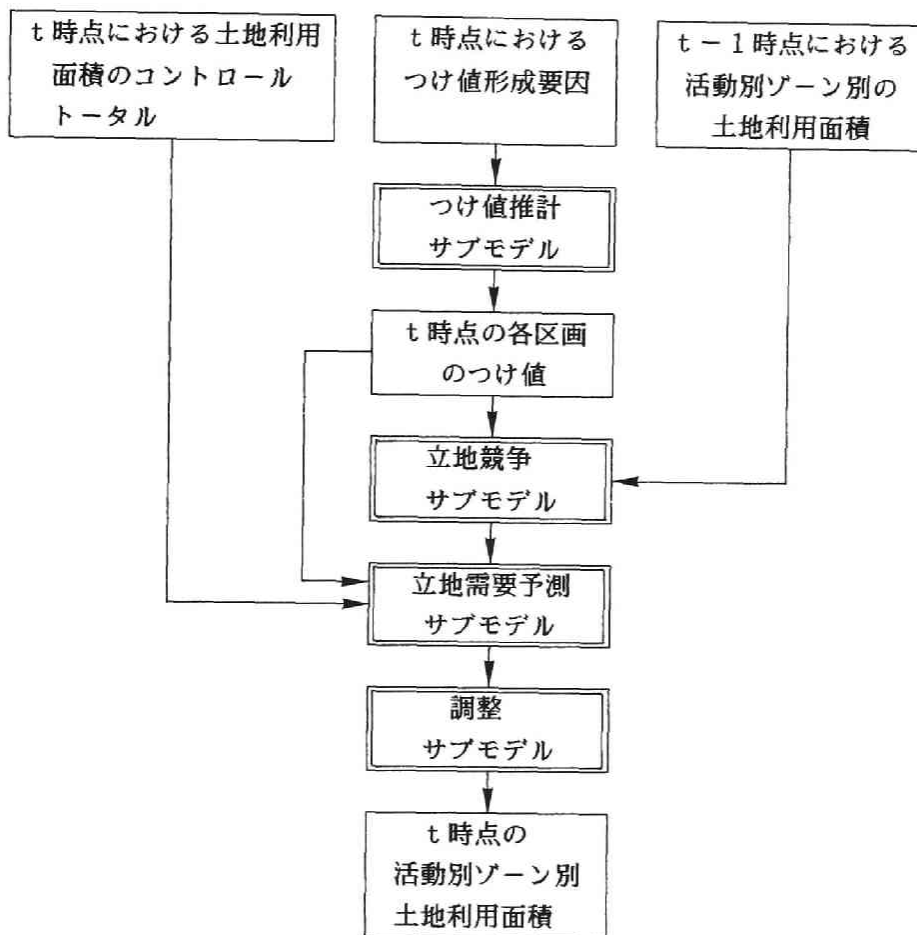


図4-2 土地利用のマイクロモデルの全体構成

立地需要予測サブモデルでは、各立地主体ごとにゾーン内の土地区画に対するつけ値の大きさを比較し、各区画の魅力度の順位を決定する。そして、立地競争サブモデルと立地需要予測サブモデルで決定される順位にもとづいて、土地利用面積のコントロールトータルを各区画に配分し各ゾーンの土地利用面積を決定する。

また、配分の結果コントロールトータルに過不足が生じた場合は、調整サブモデルによって配分結果の調整を行い、最終的な土地利用を決定する。

4-4 サブモデルの構成

4-4-1 つけ値推計サブモデル

(1) 各土地区画のつけ値の推計方法

種々の都市活動が都市内のある区画に立地しようとする場合、各活動主体は区画の資質を総合的に評価して、その区画に立地することによって得られる効用や利潤の水準を評価する。そして各活動主体は、その評価結果にもとづいて、区画への立地に対して支払ってもよい価格としてつけ値を定める。このつけ値は潜在的なものであり知ることはできないが、区画の取引において最高のつけ値をつけた活動主体がその区画に立地するものと考えれば、その区画の地価は、現在区画に立地している活動主体のつけ値の大きさを表わすことになる。本研究では以上の仮定にもとづいて、地価を当該区画に立地する活動主体によって提示されたつけ値と考える。

我が国では、地価のデータとして表4-3に示す5種類の価格が作成されている¹⁴⁾。これらはいずれも行政庁による公的評価額であり、実際の土地区画の取引価格とは必ずしも一致しない。特に、固定資産評価額と路線価は、固定資産税や相続税などの課税を目的として一意的に査定されており、実際の取引価格とは乖離が大きい。これに対して、公示価格と基準地価格は選定した標準地について共通の基準にもとづいて作成されており、しかも正常な取引価格という観点から査定されており、他の地価データに比べると実勢価格に近い。また、このデータは実際の土地区画を単位として作成されているので、当該区画において顕在化したつけ値と考えることができる。

本研究では、以上の地価データの特徴にもとづいて、公示価格と基準地価格を各土地区画におけるつけ値のデータとして用いる。

対象地域内に含まれる土地区画のつけ値は、上述の公示価格と基準地価格をもとにして個別に推計することも可能と思われるが、1つの都市内には非常に多くの区画が存在し、そのすべてに対するつけ値を決定しようとする膨大なデータと計算量を必要とする。したがって、シミュレーションモデルを構築するためには、データの制約とモデルの操作性を考慮して、つけ値の推計方法を簡略化する必要がある。ここでは、そのために次の仮定をおく。

- ① 活動主体は、工業、商業、住宅、農業の4主体を設定する。そして、同じ活動主体は、ほぼ同様な基準にしたがって、土地区画へのつけ値を与えるものとする。
- ② 各活動主体は同一のゾーンでは、ゾーン内の各土地区画に対してほぼ同様のつけ値を与える。

本研究では以上の2つの仮定にもとづいてつけ値の推計を行うが、集計して設定し

表4-3 地価データとその特徴

地価データ	所管行政庁	データの特徴
固定資産 評価額	自治省税務局	時価の約3割ぐらいといわれている。 地方税法にもとづいて、3年に1回 評価される。
路線価	国税庁資産税課	時価の約5割ぐらいといわれている。 相続、贈与、譲渡などが対象となる。 相続税法などにもとづいて、2年に 1回評価される。
造成地、新造成地、 新建物の評価基準	法務省	登録税の基準となる。固定資産税より さらに3割ぐらい低いといわれている。 不動産登記法にもとづいて、各法務局 長の通達によって評価される。
公示価格	建設省	標準地を選んで評価する。時価の約 8割ぐらいといわれている。 地価公示法にもとづいて、毎年1月 1日付で評価される。
基準地価格	国土庁	地価公示法による標準地を除き、 基準地を選んで評価する。評価額は 公示価格と同一水準である。 国土利用計画法施行令にもとづいて、 毎年4月1日付で評価される。

注) 参考文献 14)にもとづいて作成した。

た活動主体の中でも立地の行動基準は厳密には同一ではなく、また1つのゾーン内でも土地区画の資質にはいくらかの多様性があると考えるのが現実的である。そこでこれらの2つの不確定要素を考慮して、あるゾーン内の各土地区画に対する活動主体のつけ値は、そのゾーンに含まれるすべての区画に対する平均的なつけ値(以下では「平均つけ値」とよぶ)のまわりに一定の確率の変動要素をともなって分布するものと考え

る。すなわち、

$$B_{r1}^k = B_r^k + \delta_{r1}^k \quad (4-1)$$

ここに、

B_{r1}^k : 活動主体 k によるゾーン r 内の区画 1 に対するつけ値

B_r^k : 活動主体 k によるゾーン r 内の区画全体に対する平均つけ値

δ_{r1}^k : 活動主体 k によるゾーン r 内の区画 1 に対するつけ値の確率的変動要素

また、 δ_{r1}^k は次の式(4-2)の正規分布を密度関数とする正規確率変量と仮定する。

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_k} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_k^2}\right) \quad (4-2)$$

式(4-2)では、確率的変動要素 δ_{r1}^k の分散はゾーンにかかわらず一定とする。また以上の仮定によって、 B_{r1}^k は平均つけ値 B_r^k のまわりに分散 σ_k^2 で正規分布する。そして、シミュレーションの際には、 $N(B_r^k, \sigma_k^2)$ の正規分布に従う乱数を発生させることによって、各土地区画に対するつけ値を推計する。

(2) 平均つけ値推計式の作成方法

(1)で述べた方法によって各土地区画のつけ値を推計する場合、各ゾーンの土地区画に対する平均つけ値とつけ値の分散を活動別に設定する必要がある。

まず、平均つけ値は、地価分析を通じてつけ値と関係が深いと考えられる要因(以下ではつけ値形成要因とよぶ)を設定し、平均つけ値推計式を作成することによって推計する。

各活動主体のつけ値形成要因としては、各区画の土地資質、各活動主体の属性、区画の取引目的などを考えることができる。これらの要因のうち、後二者についてはデータを得ることが困難であるため、式(4-1)の確率的変動要素 δ_{r1}^k によって考慮できるものと仮定する。そしてここでは、交通利便性、周辺の都市施設整備水準、周辺の環境条件などの土地資質に関する要因を、つけ値形成要因とする。

ところで、都市内には建物の高層化が進んでいる地区が多く、このような地区では、地価の水準が高層化の進んでいない地区よりも高いことが多い。これは、高層化の進んでいる地区では1つの区画に複数の活動主体が立地しており、複数の活動主体の魅力度が地価に反映されることによると考えられる。そこで本研究では、高層化の指標

として「建物の階数」をつけ値形成要因とする。そして、シミュレーションの際には建物の階数をすべて1と仮定して平均つけ値を推計し、つけ値に対する高層化の影響を排除する。

以上の前提にもとづいて設定したつけ値形成要因を表4-4に示す。

表4-4 設定したつけ値形成要因

活動	要因の特徴	つけ値形成要因
工業	交通条件	入出荷のアクセシビリティ
		高速道路ICまでの距離
	集積条件	第2次産業従業者数
		第2次産業事業所数
	施設条件	工業用水道までの距離
		公共埠頭までの距離
		下水道普及率
高層化指標	地価公示点における建物の階数	
商業	交通条件	商業取引のアクセシビリティ
		最寄駅までの距離
		高速道路ICまでの距離
	集積条件	夜間人口
		第3次産業従業者数
	高層化指標	地価公示点における建物の階数
住宅	交通条件	通勤のアクセシビリティ
		最寄駅までの距離
		高速道路ICまでの距離
		都心までの鉄道時間距離
		都心までの道路時間距離
	生活施設条件	下水道普及率
		小中学校数
	高層化指標	地価公示点における建物の階数

注) 都心は大阪市東区本町とした。

平均つけ値推計式は、以上のデータを用いて、図4-3の手順に従って作成する。まず、つけ値形成要因間の相関分析、およびつけ値形成要因と地価との相関分析によって、地価との関連が高くしかも相互に独立な要因を選択する。そして地価を被説明変数、つけ値形成要因を説明変数として重回帰分析を適用し、平均つけ値推計式のパラメータを推定する。

また、回帰式の標準誤差は平均つけ値と各区画のつけ値との乖離の程度を表わし、その二乗値は先の δ_{r1}^k の分散に相当する。そこで本研究では、標準誤差の二乗値を式(4-2)のつけ値の分散 σ_k^2 として用いる。

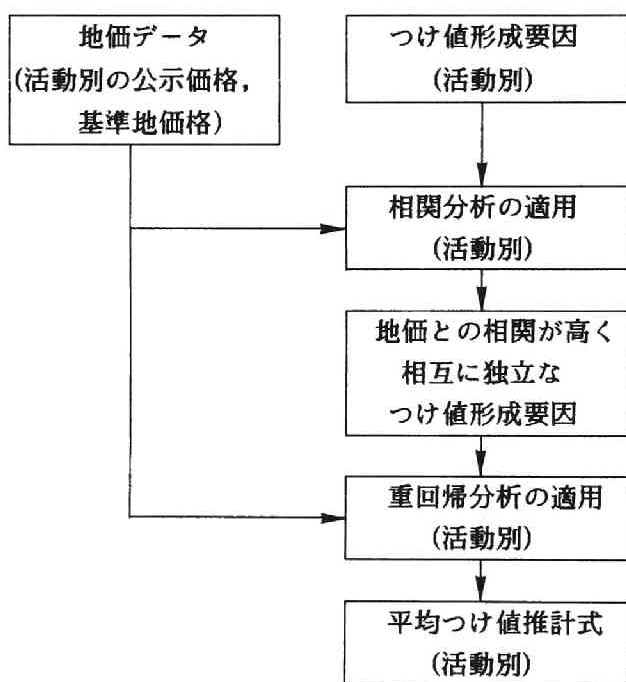


図4-3 平均つけ値推計式の作成手順

4-4-2 立地競争サブモデル

このサブモデルでは、各区画ごとに活動間でつけ値の大きさを比較し、各土地区画における立地競争をシミュレートする。この区画は、実際の土地取引の最小単位である個々の区画を擬似的に表わしたものであり、ゾーン内の土地を1ha程度の区画に仮

想的に分割して設定する。つけ値の比較は既存立地主体も含めた活動主体間で行い、その区画にはつけ値の大小関係からみてどの活動主体が立地しやすいかを立地優先順位として決定する。以下では、立地競争における前提条件とサブモデルの全体構成について説明する。

(1) 立地競争における前提条件

4-4-1で述べた方法では、つけ値を、各活動主体に対する土地区画の資質にもとづいて設定している。しかし、実際の土地利用形成を考えると、立地競争のシミュレートに際しては、土地の資質以外にも次の2つの特徴を考慮する必要がある。

- ① 多くの活動主体は、現在立地している土地区画に土地市場では回収できないような投資を行っていることが多く、また移転のための費用も非常に大きいことから、他の魅力度の大きい区画よりも現在利用している区画をより選好する傾向がある。この結果、土地市場は他の市場に比べて、取引の比較的少ない安定的な市場になっている。
- ② 用途地域制によって、特定の土地区画については土地利用用途がかなり厳しく規制されており、新規に立地できる活動が制限されたり、ある活動にとっては有利な立地条件の1つになつたりしている。

本研究では、①の特徴について、既存立地主体によるつけ値に一定の値を加えることによって考慮する。また、本研究ではこの値を「先行立地優先値」とよぶ。すなわち、本サブモデルのシミュレーションで用いるつけ値は、式(4-1)のつけ値に先行立地優先値 B^k を加えて、次の式(4-3)で定義する。

$$B_{r1}^k = B_r^k + D_{r1}^k \cdot B^k + \delta_{r1}^k \quad (4-3)$$

ここに、

B^k : 先行立地優先値

(本モデルでは各活動ごとに一定値とする)

D_{r1}^k : 活動主体に関するダミー変数

(活動主体 k が土地区画 l の既存立地主体のとき 1,
新規立地主体のとき 0とする)

また②の用途地域制については、各用途指定における立地活動の制限にもとづいて各区画に立地可能な活動主体を表4-5のように設定する。

表4-5 用途地域制による立地活動の制限

活動	第1種 住専	第2種 住専	住居	近隣 商業	商業	準工	工業	工専	調整 区域
住宅	○	○	○	○	○	○	○	×	○
商業	×	○	○	○	○	○	○	×	○
工業	×	×	○	○	○	○	○	○	○
農業	×	×	×	×	×	×	×	×	×

注) ○ .. 立地可能, × .. 立地不可能。

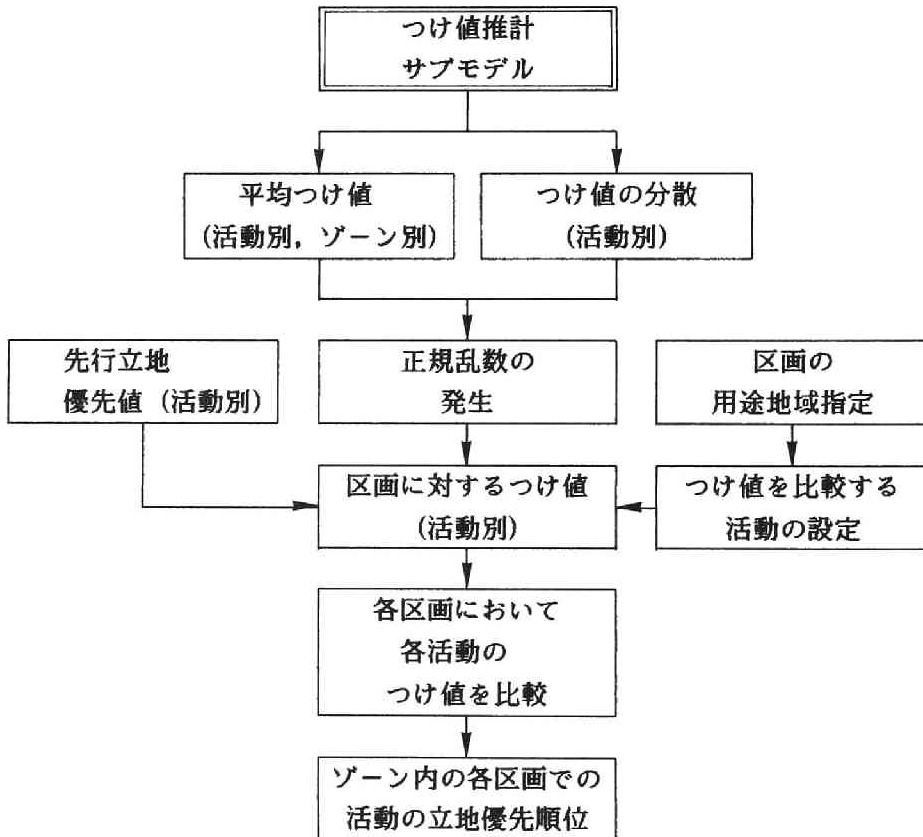


図4-4 立地競争サブモデルの構成

(2) 立地競争サブモデルの構成

図4-4に立地競争サブモデルの構成を示す。まず、平均つけ値推計式によって得られるゾーン単位の平均つけ値と各活動のつけ値の分散にもとづいて、正規乱数を発生させる。

次に、各区画でつけ値を比較する活動主体を区画が属する用途地域指定にもとづいて選択し、先に発生させた乱数を各活動主体によるつけ値とする。

さらに既存立地活動の場合は、つけ値に先行立地優先値を加えたうえで、各区画ごとに活動間でつけ値の大小の比較を行う。そしてこの結果にもとづいて、各区画での活動の立地優先順位を決める。

4-4-3 立地需要予測サブモデル

立地需要予測サブモデルでは、各活動主体ごとに各土地区画の魅力度を比較し、区画に対する立地需要を推計する。4-4-1でも述べたように、つけ値は同一の活動主体ではより良い資質をもつ区画ほど大きい値になると考えられるので、本サブモデルではつけ値を区画の魅力度を表わす指標として用いる。

そして、対象地域内の区画の魅力度をつけ値を指標として比較し、表4-6に示す活動配分順位表を作成する。この表は、すべての土地区画について、先の立地競争サ

表4-6 活動配分順位表の例

活動の配分順位	活動主体	区画番号	区画内立地優先順位	つけ値 (万円/㎡)
1	商業	952	1	45
2	商業	1021	2	36
:	:	:	:	:
500	住宅	300	2	18
:	:	:	:	:
1000	工業	150	3	15
:	:	:	:	:

ブモデルにおいて立地優先順位の設定された活動をつけ値の大きい順に並べたものである。すなわち、ある活動主体にとって、この表の上位に位置する区画ほど、他の活動主体との立地競争力の面からみて立地可能性が高く、さらに区画の魅力度の点でも選好順位の高い区画であると言える。各活動の土地利用面積のコントロールトータルは、この表をもとにして、図4-5に示す手順で配分する。以下に配分の手順をまとめる。

- ① まず、既存立地活動が最も大きいつけ値をつけた区画に、優先的に既存立地活動を配分する。
- ② ①の終了後、コントロールトータルの過不足をチェックしたうえで、既存立地活動よりも高いつけ値をつけた活動が存在する区画については、活動配分順位表の上位から順に活動を配分する。ただし、一区画に立地できるのは一活動のみであり、一度活動が配分された区画には、それ以後は活動を配分しない。
- ③ ②の途中で当該活動のコントロールトータルが不足した場合は、この段階では当該区画に立地する活動を確定せず、同一区画で2番目以下の立地優先順位を持つ活動の順位を繰り上げて②の手順を続ける。
- ④ ①～③を活動配分順位表の最後まで行うが、途中でコントロールトータルの過不足が生じ立地する活動を確定しない区画や、立地する区画が確定しない活動が生じる場合もある。これらの調整は、次の4-4-4で説明する調整サブモデルにおいて行う。

4-4-4 調整サブモデル

このサブモデルでは、配分の結果生じたコントロールトータルの過不足を調整し、各ゾーンの土地利用を確定させる。調整サブモデルではコントロールトータルの過剰と不足に対して、次の調整方法を適用する。

- ① コントロールトータルが不足の場合、用途が確定しない区画は未利用地とする。
- ② コントロールトータルが過剰の場合、未利用地の区画を各活動のつけ値の大きさに比例して、当該活動が立地する区画にあてる。

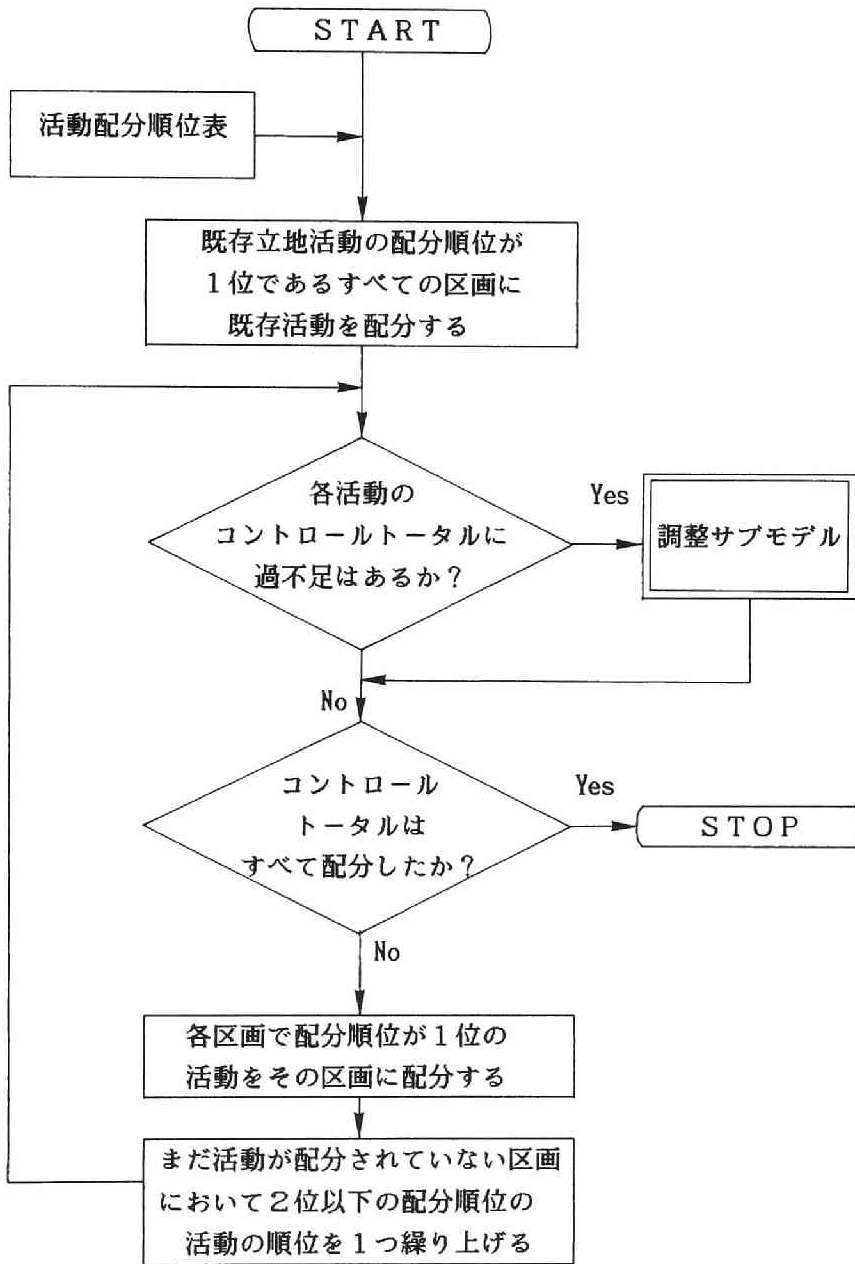


図4-5 立地需要予測サブモデルにおける活動配分の手順

4-5 土地利用のマイクロモデルのケーススタディ

4-5-1 対象地域とゾーニング

土地利用のマイクロモデルは大阪府域を対象として適用する。大阪府は、昭和50年において人口約800万人で、大阪市を中心として大阪都市圏の中核を形成している。また、図3-5に示した土地利用のマクロモデルにおけるゾーニングでは、大阪府下は12個のゾーンに分かれる(ただし、表3-6のうち東能勢村と能勢町を除く)。土地利用のマイクロモデルの適用にあたっては、これらの12個のゾーンごとに活動主体別の土地利用面積をコントロールトータルとして外生的に与える。

また本モデルでは、個々の土地区画を単位とする立地行動というマイクロな現象を扱うので、なるべく小さいゾーンを単位としてケーススタディを行うことが望ましい。最小のゾーン単位として、大阪府でメッシュデータが整備されている500m x 500mメッシュを考えることができるが、大阪府全体では約8000個のメッシュ数となり、分析作業が膨大になってしまう。そこで本研究では、大阪府によって設定された生活圏ゾーン¹⁵⁾を分析の基本単位として用いることとした。生活圏ゾーンは都市生活者の日常的行動圏域という性格をもつゾーンであり、日常的生活行動を束縛する次の諸条件にもとづいて設定されている。

- ① 平地部においては河川を第1の束縛条件とし、鉄道、広域幹線道路を第2の束縛条件とする。
- ② 地区幹線的な道路を第3の束縛条件とする。
- ③ 大阪府域周辺部では分水嶺を生活圏の境界とする。

①～③の条件にもとづいて設定された生活圏ゾーンは、図4-6の対象地域全体では810となる。図4-6に生活圏ゾーン、および土地利用のマクロモデルにおけるゾーニングとの対応関係を示す。また図4-6の各生活圏ゾーンは、500m x 500mメッシュと対応づけて作成されている。

4-5-2 データの収集と作成について

(1) 土地利用面積データについて

土地利用面積に関するデータは、大阪府による土地利用現況調査の結果を用いる。土地利用現況調査では、昭和48年と昭和53年の2時点について、表4-7に示す土地利用面積を500m x 500mメッシュ単位で整備している。本研究では、500m x 500mメッシュ単位のデータを生活圏ゾーン単位に集計することによって、ゾーン別の土地利用面積とした。

また本モデルでは、各土地区画の用途地域指定に応じて立地可能な活動主体を制限するため、各土地区画と用途地域指定を対応づける必要がある。ここでは、各ゾーンの用途地域指定の面積に比例して土地利用面積を各用途に割当てることにより、用途地域別の土地利用面積を求めた。

表4-7 土地利用現況調査における土地利用分類

大分類	土地利用区分	モデル中の活動主体との対応
市街地	一般市街地	住宅
	集落地	
	商業、業務地	商業
	工場地	工業
普通緑地	公園、運動場、遊園地	\
	社寺敷地、公開庭園	
	学校	
	墓地	
農地	田	農業
	畑	
その他	山林	未利用地
	原野、牧野	
	低湿地、荒無地	
	水面	\
	公共施設	
	道路、鉄軌道	

(2) つけ値に関するデータについて

つけ値に関するデータは、昭和50年度の公示価格および基準地価格を用いる。大阪府下でこれらの価格が公示されている地点数は、公示価格が902地点、基準地価格が909地点である。

また、公示価格と基準地価格には、表4-8に示すように、各地点の地価以外に現況の土地利用や用途指定などの属性も記載されている¹⁶⁾。そこでこれらの属性をもとにして、地価の公示されている地点を現況の土地利用によって、工業地、商業地、住宅地の3種類に分類し、各活動主体によって提示されたつけ値のデータとした。分類の結果、図4-6の810ゾーンのうち、つけ値の得られたゾーン数は、工業が90ゾーン、商業が195ゾーン、住宅が560ゾーンとなった。

表4-8 公示価格データの内容

大阪府

1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)
標準地番号	標準地の所在及び地番並びに住居表示	標準地の1平方メートル当たりの価格(円)	標準地の地積(m ²)	標準地の形状	標準地の利用の現況	標準地の周辺の土地利用の現況	標準地の前面道路の状況	標準地についての水道、ガス供給施設及び下水道の状況	標準地の鉄道その他の主要な交通施設との接近の状況	標準地に係る都市計画法その他の法令の制限で主要なもの
大阪北1	大阪市北区白屋町33番	155,000	83	1:1.5	住宅 W2	営業所、店舗等が混在する住宅地域	南8m市道	水道、ガス、下水	天満橋600m	住居(300) 準防
5-1	台根崎中1丁目51番	1,930,000	1,259	台形 1.5:1	店舗兼事務所 S R C 10 F 2 B	銀行等が多い御堂筋に面する高度商業地域	西44m市道	水道、ガス、下水	東船場近接	商業(1,000) 防火
5-2	太融寺町98番4外	1,080,000	246	1:2	シ R C 8 F 3 B	中高層の事務所等が並ぶ商業地域	南27m市道、西側道	水道、ガス、下水	大阪500m	商業(800) 防火
5-3	大阪市北区兎我野町56番	473,000	221	1:1.5	店舗兼事務所 R C 7	事務所、旅館等が並ぶ商業地域	北8m市道	水道、ガス、下水	大阪700m	商業(600) 防火
5-4	天神橋筋6丁目62番17	415,000	62	1:2.5	店舗兼住宅 R C 3	中高層の店舗、銀行等が並ぶ商業地域	西27m市道	水道、ガス、下水	天神橋筋6丁目100m	商業(600) 防火
5-5	小松原町27番	2,630,000	3,905	台形 1:2	事務所 S R C 9 F 5 B	高層ビルが多い大阪駅前の高度商業地域	西60m市道、四方路	水道、ガス、下水	梅田近接	商業(800) 防火
5-6	天神橋筋4丁目36番3	650,000	90	1:3.5	店舗 S 4	各種の小売店舗が並ぶ商業地域	西4m市道	水道、ガス、下水	天満150m	商業(400) 準防
5-7	芝田町70番2	478,000	167	1:1	事務所 R C 8	事務所や店舗が並ぶ商業地域	東24m国道	水道、ガス、下水	梅田400m	商業(600) 防火
5-8	堂島上3丁目27番3	330,000	231	1:1.5	シ R C 2	中高層の事務所が並ぶ商業地域	南6m市道	水道、ガス、下水	西梅田500m	商業(600) 防火
5-9	中之島5丁目30番1外	213,000	168	1:2	シ R C 3	事務所、倉庫のほか、空地もある商業地域	東18m市道	水道、ガス、下水	肥後橋1.2km	商業(600) 防火

注) 文献 16) より転載。

(3) つけ値形成要因について

本研究では、平均つけ値推計式の説明変数として、表4-4に示すつけ値形成要因を用いる。これらの要因に関するデータは、表4-9に示す500m x 500mメッシュデー

17)
 タを生活圏ゾーン単位に集計して作成した。ただし「建物の階数」については、公示価格一覧表に記載されている公示点の建物の階数を用いた。

表4-9 本研究で用いる500m×500mメッシュデータ

メッシュデータ名	メッシュデータの 出 処	年 次
高速道路ICまでの距離	大阪府都市計画総括図	昭和 48年
工業用水道までの距離	大阪府営工業用水道概要図	
公共埠頭までの距離	大阪府港湾位置図	
都心までの鉄道時間距離	総合交通体系策定のための 基礎報告書	
都心までの道路時間距離		
最寄駅までの距離	大阪府10万分の1地図	
小中学校数	大阪府土地利用現況調査	
小売店年間販売額	商業統計調査	昭和49年
第2次産業事業所数	事業所統計調査	昭和 47年
第2次産業従業者数		
第3次産業事業所数		
第3次産業従業者数		
夜間人口	国勢調査	昭和50年

また、つけ値形成要因として用いる種々のアクセシビリティ指標は、第3章の土地利用のマクロモデルと同様に、次の式(4-4)で定義する。

$$ACS_i = \sum_j A_j / \exp(\alpha \cdot T_{ij}^m) \quad (4-4)$$

ここに、

ACS_i : ゾーン i のアクセシビリティ

A_j : 相手ゾーンの都市活動指標

T_{ij}^m : 交通手段 m によるゾーン ij 間の時間距離

α : 交通抵抗パラメータ

表4-10に、各アクセシビリティ指標の内容を示す。なお、アクセシビリティ指標は、すべての生活圏ゾーンについて求めると膨大な計算作業となるため、各ゾーンが位置する市区町村単位の値で代用することとした。また、市区町村間の時間距離は、大阪府によって測定された値を用いた¹⁸⁾。さらに、交通抵抗パラメータ α は、昭和45年のパーソントリップ調査結果を用いて、第3章と同様に重力モデルを適用して推定した。表4-11に、交通抵抗パラメータの推定結果を示す。

表4-10 アクセシビリティ指標の内容

活動	アクセシビリティ指標	アクセシビリティ指標の意味	交通手段	相手ゾーンの (A_j) 都市活動指標
工業	入出荷のアクセシビリティ	原料、製品の輸送の利便性	自動車	工業出荷額と商業販売額の和
商業	商業取引のアクセシビリティ	顧客への近接性、取引の容易さ	自動車	第2次第3次産業従業者数と夜間人口の和
住宅	通勤のアクセシビリティ	通勤の利便性	鉄道、バス	第2次第3次産業従業者数

表4-11 交通抵抗パラメータの値

アクセシビリティ指標	交通抵抗パラメータ α の値	重力モデルによる推計精度
入出荷のアクセシビリティ	0.0534	0.979
商業取引のアクセシビリティ	0.0574	0.965
通勤のアクセシビリティ	0.0557	0.934

注) 表中の交通抵抗パラメータ α を用いた重力モデルによってOD交通量を推計した場合の、実績値と推計値の相関係数を示した。

4-6 モデルのキャリブレーション結果と考察

4-6-1 平均つけ値推計式の作成

平均つけ値推計式は4-4で説明したように、地価の公示点に立地する活動に応じて、住宅、商業、工業の3活動に分類した地価を被説明変数、生活圏ゾーン単位の立地条件に関する要因を説明変数として、重回帰分析を適用して作成する。まず推計に先立って、つけ値形成要因間の相関分析、地価とつけ値形成要因の相関分析を行った。表4-12に、分析結果を示す。そしてこれらの要因から、つけ値の説明変数として重要かつ独立な要因を選択し、重回帰分析を適用して平均つけ値推計式を作成した。その結果を表4-13に示す。また以下に、分析結果に対する考察をまとめる。

① 工業の平均つけ値推計式

表4-12の相関分析の結果によると、「入出荷のアクセシビリティ」と地価との相関が高い。また、工業の基盤施設である「下水道普及率」も地価との相関が高い。ここでは、「入出荷のアクセシビリティ」、「高速道路ICまでの距離」、「第2次産業従業者数」、「建物の階数」の4要因を選択し、回帰分析を適用した。標準化回帰係数の値をみると、「入出荷のアクセシビリティ」の係数値が大きい値を示しており、工業の平均つけ値の形成には交通条件の影響が大きいと考えられる。また、決定係数値は $\bar{R}^2=0.569$ と、推計式の説明力もほぼ良好である。

② 商業の平均つけ値推計式

表4-12では、地価との相関では交通条件を表わす「商業取引のアクセシビリティ」や集積条件を表わす「第3次産業従業者数」との相関が高い。また「建物の階数」も地価との相関が高く、商業のつけ値は高層化とも関係が深いことがわかる。ここでは「商業取引のアクセシビリティ」、「最寄駅までの距離」、「第3次産業従業者数」、「建物の階数」の4要因を説明変数として回帰分析を適用した。標準化回帰係数の値をみると、どの要因も説明力に大きな差異はないが、高層化の指標である「建物の階数」、集積条件を表わす「第3次産業従業者数」の係数値が比較的大きい。したがって、商業の平均つけ値の形成には集積条件が大きな影響を与えているものと考えられる。また、「商業取引のアクセシビリティ」や「最寄駅までの距離」などの標準化回帰係数も比較的大きく、顧客の得やすさも平均つけ値の形成に対する影響が大きいと考えられる。推計式の決定係数は $\bar{R}^2=0.377$ と、表4-13の活動の中では最も低い。これは、商業では地価の公示点が大都市都心部の地価が高い地点から周辺部の地価が低い地点まで、かなり広範囲にわたっており、共通の要因で説明するには多少無理があったためと思わ

表4-12 地価及びつけ値形成要因間の相関分析の結果

(1) 工業

つけ値形成要因									
①入出荷のアクセシビリティ									
②高速道路ICまでの距離	-0.689								
③第2次産業従業者数	0.540	-0.356							
④第2次産業事業所数	0.452	-0.163	0.793						
⑤工業用水道までの距離	-0.478	0.223	-0.429	-0.366					
⑥公共埠頭までの距離	-0.088	0.319	-0.188	-0.008	0.162				
⑦下水道普及率	0.805	-0.583	0.561	0.540	-0.333	-0.179			
⑧地価公示点の建物の階数	0.524	-0.102	0.084	0.071	-0.159	0.021	0.108		
工業地の地価	0.762	-0.535	0.381	0.383	-0.253	0.064	0.662	0.331	
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	つけ値形成要因								

(2) 商業

つけ値形成要因							
①商業取引のアクセシビリティ							
②最寄駅までの距離	-0.279						
③高速道路ICまでの距離	-0.650	0.254					
④夜間人口	0.162	-0.096	-0.051				
⑤第3次産業従業者数	0.525	-0.179	-0.503	-0.012			
⑥地価公示点の建物の階数	0.419	-0.157	-0.357	-0.168	0.539		
商業地の地価	0.425	-0.239	-0.306	-0.055	0.484	0.544	
	①	②	③	④	⑤	⑥	
	つけ値形成要因						

(3) 住宅

つけ値形成要因									
①通勤のアクセシビリティ									
②最寄駅までの距離	-0.346								
③高速道路ICまでの距離	0.527	0.254							
④都心までの鉄道時間距離	-0.659	0.662	0.473						
⑤都心までの道路時間距離	-0.795	0.354	0.545	0.724					
⑥下水道普及率	0.697	-0.319	-0.513	-0.546	-0.638				
⑦小中学校数	0.424	-0.286	-0.265	-0.391	-0.420	0.453			
⑧地価公示点の建物の階数	0.310	-0.196	-0.188	-0.288	-0.333	0.316	0.220		
住宅地の地価	0.727	-0.436	-0.511	-0.678	-0.715	0.680	0.401	0.389	
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	つけ値形成要因								

表4-13 平均つけ値推計式の作成結果

活動	つけ値形成要因	回帰係数 (標準化回帰係数)	決定係数 \bar{R}^2	回帰式の 標準誤差
工業	入出荷のアクセシビリティ	0.221×10^{-2} (0.605)	0.596	205.6
	高速道路ICまでの距離	-0.0119 (0.060)		
	第2次産業従業者数	0.340×10^{-2} (0.090)		
	地価公示点の建物の階数	82.11 (0.195)		
	定数項	253.4		
商業	商業取引のアクセシビリティ	0.0293 (0.140)	0.377	1529.5
	最寄駅までの距離	-203.7 (-0.108)		
	第3次産業従業者数	0.0263 (0.196)		
	地価公示点の建物の階数	460.6 (0.362)		
	定数項	535.6		
住宅	通勤のアクセシビリティ	0.0417 (0.485)	0.645	178.0
	最寄駅までの距離	-43.03 (-0.166)		
	下水道普及率	1.931 (0.234)		
	地価公示点の建物の階数	76.46 (0.123)		
	定数項	237.2		

れる。

③ 住宅の平均つけ値推計式

表4-12をみると、「都心までの鉄道時間距離」、「都心までの道路時間距離」、「通勤のアクセシビリティ」、「最寄駅までの距離」などの交通条件に関する要因と地価との相関が高い。また、生活施設条件を表わす「下水道普及率」も地価との相関が高い。

ここでは、「通勤のアクセシビリティ」、「最寄駅までの距離」、「下水道普及率」、「建物の階数」の4要因を説明変数として回帰分析を適用した。標準化回帰係数の値をみると「通勤のアクセシビリティ」の値が大きい。また、「最寄駅までの距離」の標準化回帰係数も比較的大きいことから、通勤の利便性は平均つけ値の形成と関連が深いものと考えられる。推計式の決定係数値は $\bar{R}^2=0.645$ と、良好な結果が得られている。

各ゾーンに含まれる区画のつけ値は、4-4-1で説明したように、各種の不確実性を考慮して、ゾーン単位の平均つけ値に確率的変動要素 δ_{rl}^k を加えて定義される。すなわち、上述の平均つけ値推計式とゾーン内の区画のつけ値との関係は、次の式(4-5)で表わすことができる。

$$\begin{aligned} B_{rl}^k &= B_r^k + \delta_{rl}^k \\ &= \sum_i \alpha_i^k \cdot x_{ir}^k + \delta_{rl}^k \end{aligned} \quad (4-5)$$

ここに、

B_{rl}^k ：活動主体kによるゾーンr内の土地区画lに対するつけ値

B_r^k ：活動主体kによるゾーンr内の土地区画に対する平均つけ値

δ_{rl}^k ：活動主体kによるゾーンr内の土地区画lに対する確率的変動要素

α_i^k ：活動主体kのつけ値形成要因iのパラメータ

x_{ir}^k ：活動主体kに関するつけ値形成要因iのゾーンrでの値

4-4-1で述べたように、 δ_{rl}^k の密度関数には正規分布を仮定するが、分布形を規定する分散 σ_k^2 は、平均つけ値推計式の標準誤差の二乗値を用いる。その値を表4-14に示す。

ゾーンr内の区画lのつけ値は、以上の設定にもとづいて、 $N(B_r^k, \sigma_k^2)$ に従う正規乱数を発生させることにより推計する。また、農業のつけ値は地価データが十分

表4-14 つけ値の確率的変動要素 δ^k
の分散 σ_k^2

活動	分散 σ_k^2
工業	42271.4
商業	2339370.3
住宅	31684.0
農業	31684.0

に得られなかったため、住宅と同じ分散を用いてつけ値の設定を行うこととした。

4-6-2 先行立地優先値の推定

4-4-2で説明したように、シュミレーションで用いるつけ値は、既存立地主体の場合、式(4-1)で得られる区画単位のつけ値に先行立地優先値 B^k を加えたものとして定義される。先行立地優先値は、土地利用のマイクロモデルの適用によって得られる昭和53年の土地利用面積の予測値が実績値に最も近い値をとるように、感度分析によって決定した。

感度分析では、土地利用面積の予測値の実績値への適合度を次の式(4-6)のRMS誤差によって評価し、RMS誤差が最も小さくなる先行立地優先値を採用することとした。

$$RMS^k = \sqrt{\frac{1}{R} \cdot \sum_r (L_r^k - \hat{L}_r^k)^2} \quad (4-6)$$

ここに、

RMS^k : 活動主体kの土地利用面積の予測結果に関するRMS誤差

L_r^k : ゾーンrにおける活動主体kの土地利用面積の実績値

\hat{L}_r^k : ゾーンrにおける活動主体kの土地利用面積の予測値

R: ゾーン数 (ここでは810)

そして、着目する活動 k_i 以外の活動の先行立地優先値の大きさを一定値（ここでは0～10万円/㎡の間で6種類設定した）とし、活動 k_i の先行立地優先値のみを0, 2, 4, 6万円/㎡……と順次変化させたときのRMS誤差の変化を検討した。

分析結果を、図4-7(1)～(4)に示す。図4-7によると、商業以外の活動では、先行立地優先値を与えることによってRMS誤差は急激に小さくなっている。特に工業と住宅では、先行立地優先値が、それぞれ5万円/㎡と6万円/㎡付近を境にして、先行立地優先値を大きくしてもRMS誤差の改善はみられない。農業は、先行立地優先値が4万円/㎡付近でRMS誤差が極小値となり、それ以後先行立地優先値の増加にともなってRMS誤差が増加した後、再び減少に転じている。商業は、先行立地優先値を増加させても、RMS誤差の減少は緩やかである。そして他の活動のように、RMS誤差が極小となるような先行立地優先値は存在しない。

ここでは、以上の分析結果にもとづいて、工業、住宅、農業の3活動については、RMS誤差が極小となる先行立地優先値を採用した。商業の先行立地優先値については、他の3活動の先行立地優先値の大きさを考慮して6万円/㎡とした。表4-15に、各活動の先行立地優先値を示す。

4-4-2で述べたように、先行立地優先値は各活動主体が現在立地している区画での存続立地に対する選好の程度を表わす指標と考えられる。したがって表4-15の結果によれば、存続立地に対する選好は商業と住宅が最も大きく、農業は他の活動に比べるとあまり大きくない。これは、農業は農地として現在利用している土地に対して、他の活動ほどは大きな投資を行っておらず、農地は他の土地利用に比べて用途転用が生じやすいという特徴を表わしているものと考えられる。

表4-15 先行立地優先値の設定結果

活 動	先行立地優先値(円/㎡)
工 業	50,000
商 業	60,000
住 宅	60,000
農 業	40,000

他活動の
先行立地優先値

a	0 (万円/㎡)
b	2
c	4
d	6
e	8
f	10

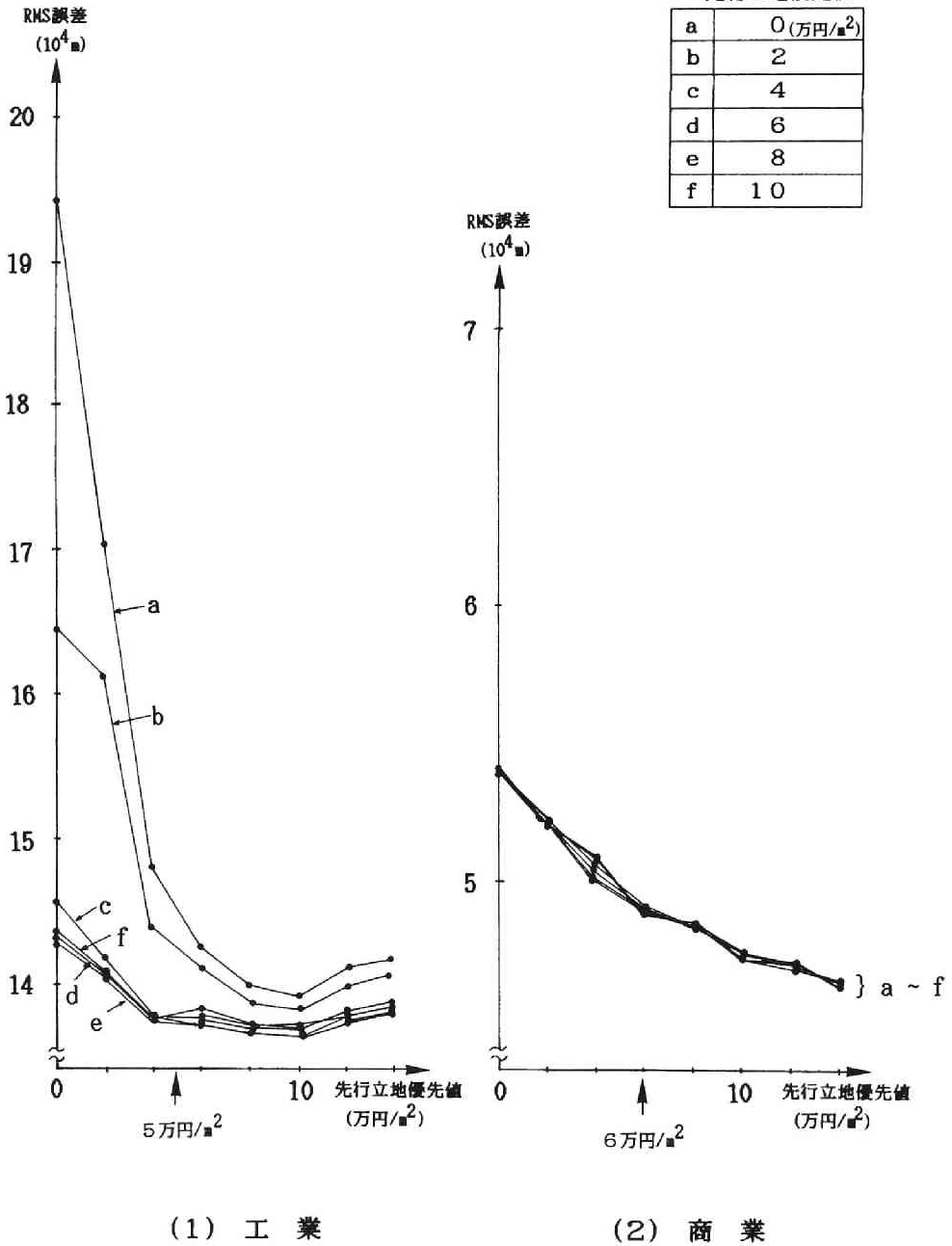
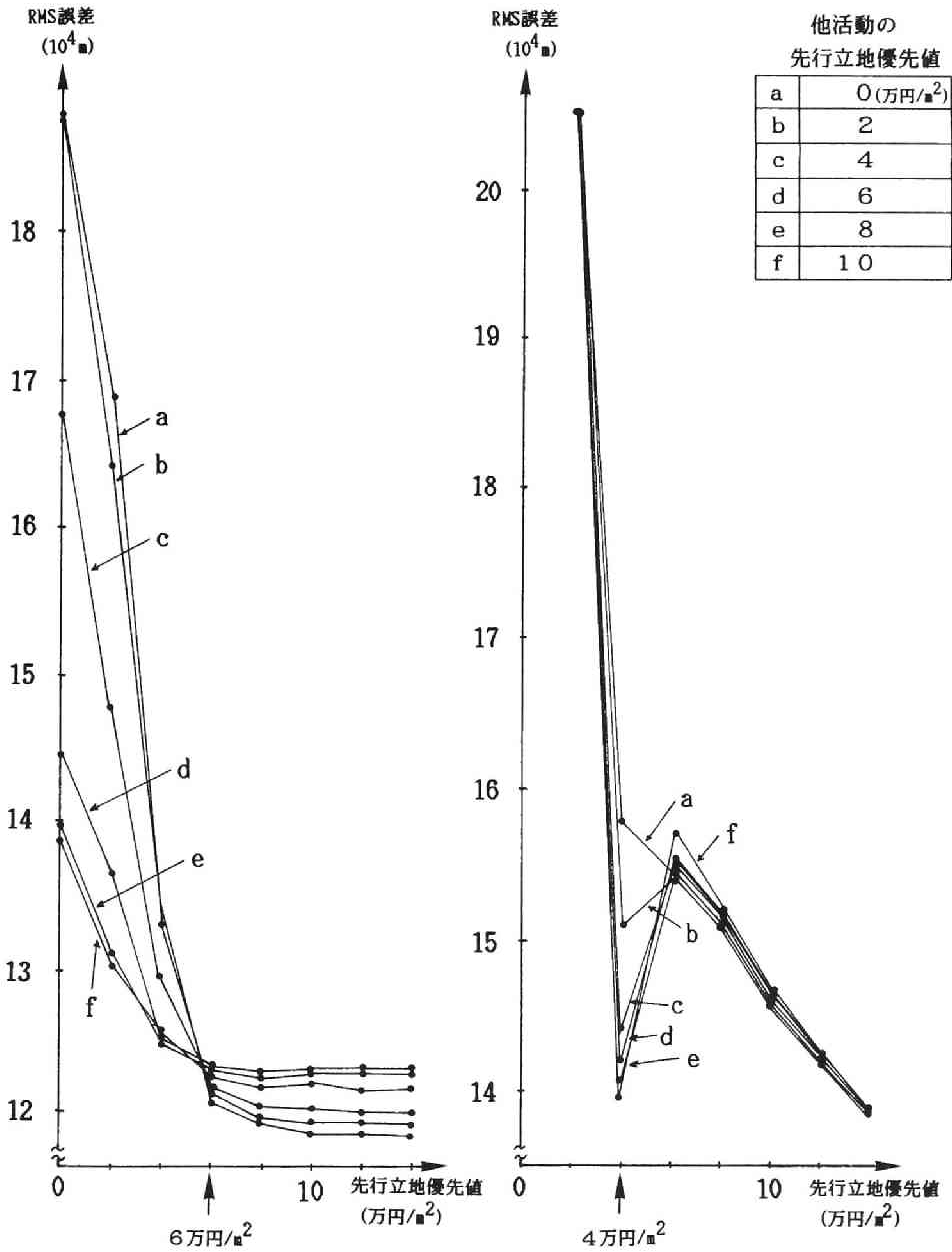


図4-7 先行立地優先値とRMS誤差との関係



(3) 住宅

(4) 農業

図4-7 先行立地優先値とRMS誤差との関係 (続き)

4-7 モデルの予測精度の検証結果と考察

以上の結果と前提条件にもとづいて土地利用のマイクロモデルを大阪府域に適用し、昭和53年の各ゾーンの土地利用面積を予測して、モデルの予測精度を検証した。予測精度の検討は、住宅地、商業地、工業地、農業地のそれぞれについて昭和53年の土地利用面積と昭和48年～53年の土地利用面積変化の二点に着目して行った。表4-16に実績値と予測値の相関係数を示し、図4-8と図4-9に昭和53年の土地利用面積と昭和48年～53年の土地利用面積変化について、実績値と予測値の散布図を示す。以下では、活動別に予測精度に関する考察をまとめる。

① 工業

工業の昭和53年土地利用面積に対する相関係数は0.930と高いが、土地利用面積変化に対する相関係数は0.299と低い値になっている。図4-9(1)の散布図をみると、実績値で大きく増加または減少したゾーンについて、変動量をかなり小さく予測している。地図上でこれらのゾーンの位置を検討したところ、その多くは臨海部や内陸部の工業地帯に位置しており、予測期間中に大規模な工場地の造成や他の土地利用への転換が行われたものと思われる。ケーススタディでは、このような特異な変動を示すゾーンを除外せずにモデルを適用したため、予測誤差が大きくなったものと考えられる。したがって、各ゾーンにおける工業地の変動の実態をふまえて、対象地域を限定することも必要であろう。しかし、図4-9(1)では、上述のゾーン以外は土地利用面積の増減傾向を比較的良好にとらえている。

② 商業

図4-9(2)をみると、土地利用面積変化の増減傾向は良好に予測しているものの、表4-16の相関係数値は0.388とやや低い値になっている。商業地は他の活動に比べると土地利用面積の変動量が小さいため、正確な予測が困難であったものと思われる。本モデルの商業は、都心部の業務活動、大規模店舗、小規模の小売店舗など多様な業種を含んでおり、地価の負担力に大きな差があると考えられるので、今後はデータの利用可能性に応じて活動の細分化を検討する必要がある。

③ 住宅

住宅地は、昭和53年の土地利用面積、昭和48年～53年の土地利用面積変化ともに相関係数値は大きく、良好な予測結果が得られている。また、図4-9(3)の散布図でも、各ゾーンの土地利用面積の増減傾向を正確に予測しており、他の活

表4-16 土地利用のマイクロモデルの予測精度の検証結果

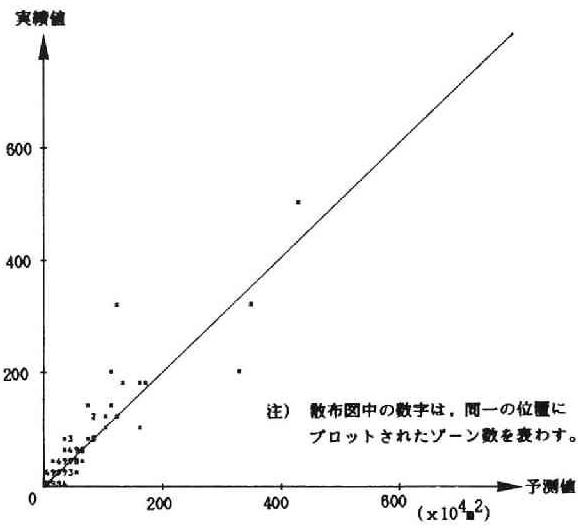
土地利用	相関係数	
	昭和53年 土地利用面積	昭和48～53年 土地利用面積変化
工業地	0.930	0.299
商業地	0.881	0.388
住宅地	0.972	0.741
農地	0.975	0.318

動のように実績値と予測値が大きく異なるゾーンはほとんどみられない。

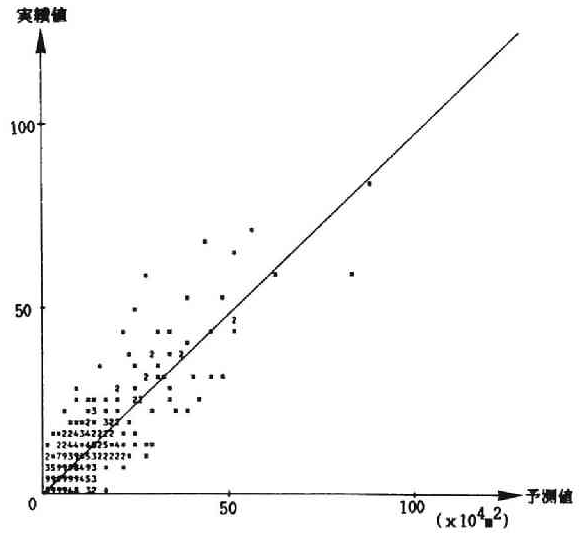
④ 農業

図4-9(4)をみると、農業地は昭和48年～53年の予測期間中に土地利用面積が実績値で増加したゾーンが存在する。これらのゾーンは、主として大阪府の周辺部に位置しており、山林、原野等の開墾によって農業地が増加したものと思われる。本モデルでは、農業は他の活動の利用地では立地競争に参加しないと仮定したため、農業地の増加は予測されていない。土地利用面積に対する相関係数値は0.318とやや低いですが、上述の土地利用面積が大きく増加している2、3のゾーンを除くと、相関係数値は0.448となり予測精度は良好である。

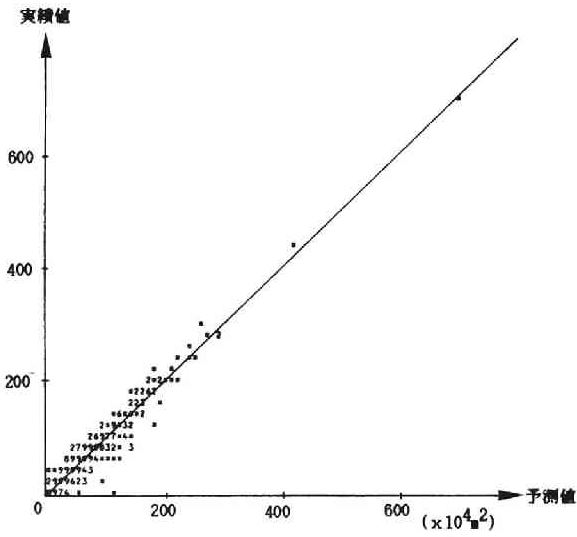
以上の結果から、各活動とも土地利用面積の変動傾向は、ほぼ良好にとらえているといえる。しかし、工業地と商業地の土地利用面積の変化に対する予測精度はあまり良好ではない。これは工業地と商業地では、住宅地や農業地に比べて土地利用面積の変動量が小さいゾーンが多いこと、同一の活動の中でも業種によって立地行動が多様であることなどが原因と考えられる。今後、データの整備状況に応じて、活動主体の細分化やゾーニングの再検討を行うことも必要であろう。



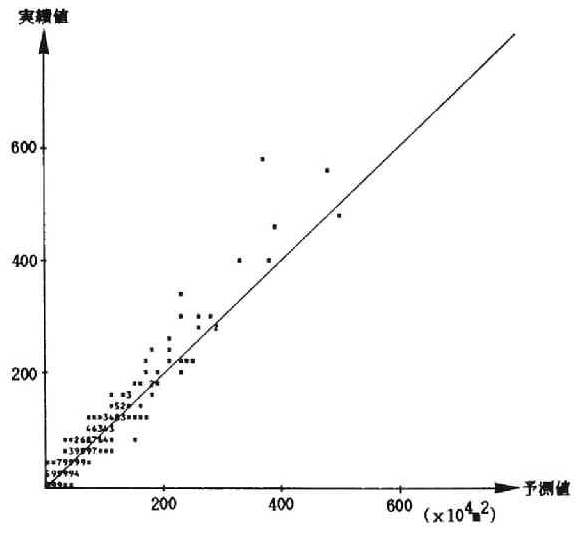
(1) 工業地



(2) 商業地

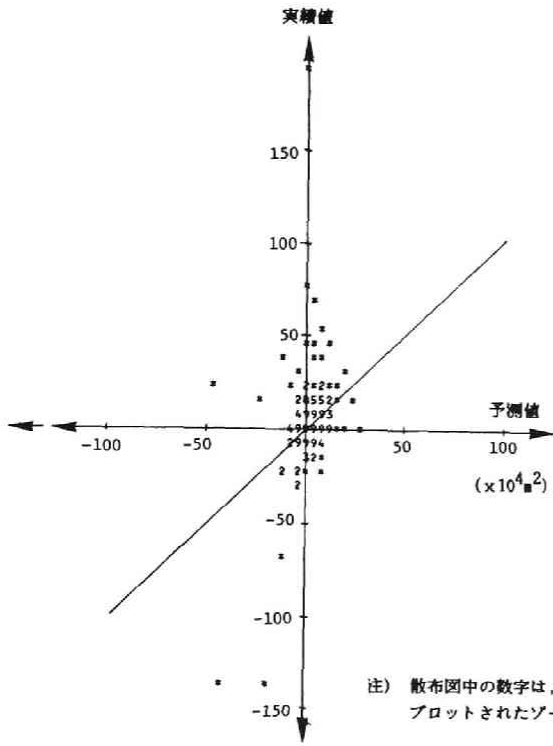


(3) 住宅地

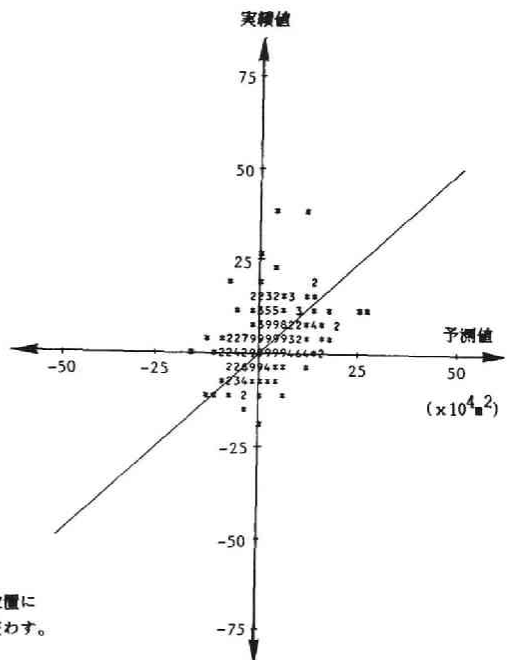


(4) 農業地

図4-8 昭和53年の土地利用面積の実績値と予測値の散布図

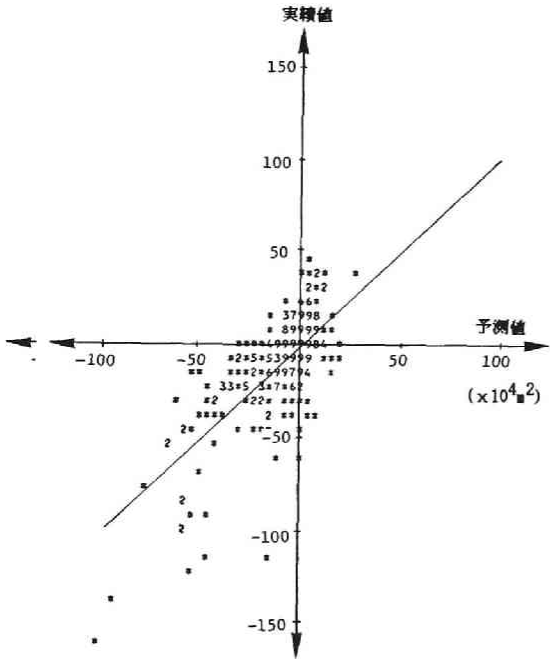


(1) 工業地

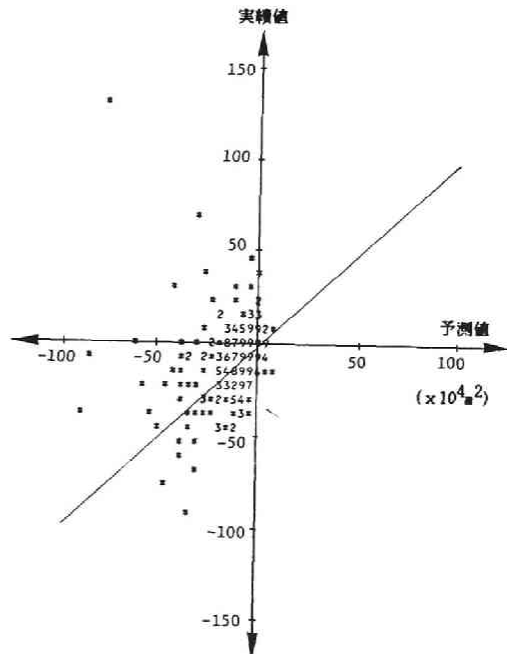


(2) 商業地

注) 散布図中の数字は、同一の位置に
プロットされたゾーン数を表わす。



(3) 住宅地



(4) 農業地

図4-9 昭和48年~53年の土地利用面積変化の実績値と予測値の散布図

4-8 結語

本章では、土地利用の形成を個々の土地区画における土地取引に着目してモデル化し、将来の土地利用を土地面積ベースで予測するモデルを構築した。また、大阪府域を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を検討した。以下では、本章で構築した土地利用のマイクロモデルによって可能となった事項、ケーススタディによって得られた成果、今後の検討課題のそれぞれについてまとめる。

まず、本研究で開発した土地利用のマイクロモデルによって、以下の諸点を可能とすることができた。

- ① 土地利用の形成を、個々の土地区画の取引というマイクロな立地行動にもとづいてモデル化する方法を提案した。また、土地取引の過程はつけ値の概念を用いてシミュレートしており、活動主体間の立地競合や既存の土地利用用途の転換を明示的に考慮することができる。
- ② つけ値は、活動別の地価分析を通じて設定した平均つけ値推計式によって推計したが、その際に各土地区画の資質に関する多様な要因を考慮している。
- ③ シミュレーションの際には、土地区画を単位とする土地取引の過程をできるだけ忠実にモデル化するため、擬似的に土地区画を設定し、正規乱数を用いたモンテカルロシミュレーションを適用した。また、乱数を規定する正規分布は、平均つけ値推計式の標準誤差にもとづいて設定しており、各活動主体によるつけ値の不確実性を考慮することができる。
- ④ 用途地域制による立地活動の制限、既存の立地主体の存続立地に対する選好など、土地市場の経済メカニズムでは十分に説明できない特殊な要因も、モデル中で考慮することができる。

次に、大阪府域を対象として行ったケーススタディによる成果をまとめる。

- ① 各活動主体の平均つけ値推計式は、地価分析によって作成した。推計式の説明変数としては、交通条件、集積条件、施設条件などに関する要因を設定し、その中から適切な要因を設定した。分析の結果、つけ値の形成要因としては、各活動とも交通条件が重要であることが明らかになった。推計式の精度は、商業について若干低かったものの、他の活動ではほぼ良好な結果が得られた。
- ② 本モデルで導入した先行立地優先値は、各活動の存続立地に対する選好を表わす指標と考えられる。ケーススタディでは、土地利用面積の予測値のRMS誤差を検討しながら感度分析によって先行立地優先値の値を求めた。その結果、RMS誤差が最小となる先行立地優先値の大きさは、工業が5万円/㎡²、住宅が6万

円/㎡², 農業が4万円/㎡²であることが明らかになった。このことは、存続立地への選好が、一般に住宅、工業、農業の順に強いことを表わす。また、商業については、先行立地優先値の値を大きくするにつれてRMS誤差は減少したが極小となる点は見出せなかった。

- ③ モデルの予測精度を検討した結果、住宅地については良好な結果が得られ、本モデルの有効性が示された。また、農業地に対してもほぼ良好な予測精度が得られた。しかし、工業地と商業地では、土地利用面積の変化に対する予測精度は必ずしも高くなかった。しかし、予測値と実績値の散布図による検討を行ったところ、実績値で土地利用面積が大きく変動している特異なゾーンを除けば、土地利用面積の増減傾向はほぼ良好に予測されていた。

最後に、ケーススタディの結果をふまえて今後の検討課題と考えられる事項をまとめる。

- ① モデルの適用にあたっては、データの制約から、工業、商業、住宅、農業というかなり粗い活動分類を採用した。しかし、工業については大工場と中小の零細工場、商業については大規模店舗と近隣型の小売店というように、同一の活動でも多様な業種を含んでおり、立地行動にはかなり差異があるものと考えられる。したがって、今後はデータの整備状況に合わせて活動主体の細分化を検討し、より精緻な取扱いができるようにする必要がある。
- ② ケーススタディでは、大阪府全域を対象として土地利用の予測を行った。しかし、本モデルは本来、土地区画を単位とするミクロな予測モデルであり、対象地域としては多少広過ぎる。今後は適用対象地域を限定して、モデルの適用性をより詳細に検討することも必要であろう。

第4章参考文献

- 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第4部，pp.253～254，1981.
- 2) 天野・戸田・阿部：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，第4回土木計画学研究発表会講演集，pp.240～251，1982.
- 3) 天野光三編：計量都市計画，丸善，pp.87～94，1982.
- 4) 天野・戸田・阿部：土地の需給メカニズム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37回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.175～176，1982.
- 5) 阿部・天野・戸田：立地競争による土地の需給を考慮した土地利用予測モデル，第5回土木計画学研究発表会講演集，pp.517～526，1983.
- 6) 阿部・天野・戸田：つけ値概念を用いた土地利用の変動メカニズムの考察とそのモデル化について，土木計画学研究・講演集6，pp.149～153，1984.
- 7) Amano,K., Toda,T., and Abe,H. : Modelling and Simulation of Bidding Competition among Landuse Activities, Proceedings of the International AMSE Conference " Modelling & Simulation " held in Athens, Vol.4.4, pp.171～186, 1984.
- 8) Lowry,I.S. : Seven Models of Urban Development : A Structural Comparison, Hemmens,G.C. eds : Urban Development Models, Highway Research Board, Special Report 97, pp.121～163, 1968.
- 9) 山田浩之：都市の経済分析，東洋経済新報社，pp.66～71，1980.
- 10) 青山・森杉：都市の土地利用構造に関する研究，地域学研究第1巻，pp.41～61，1970.
- 11) 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，pp.103～112，1981.
- 12) 中原・太田：地価形成要因よりみた都市の土地利用変容予測に関する考察，都市計画別冊No.18，pp.241～246，1983.
- 13) 佐佐木・朝倉：大都市における立地主体間の競合を考慮した土地利用モデル，土木学会論文集第347号/IV-1，pp.85～93，1984.
- 14) 水本浩：地価をめぐる所有権・租税・不動産鑑定に関する諸理論の整合性，都市問題研究第35巻第10号，pp.33～44，1983.

- 15) 日本都市計画学会土地利用研究委員会：大阪府の土地利用に関する計画についての調査研究報告書，pp.61～63，1977.
- 16) 国土庁土地利用鑑定委員会：昭和50年度版大阪50km圏公示地価地図，日地出版，1976.
- 17) 大阪府土木部都市整備局：都市計画基礎調査による収集データ利用の手引，1978.
- 18) 大阪府企画部企画室：地域整備の環境影響評価手法に関する調査，1980.

第5章 土地利用モデルのシミュレーション分析への適用

5-1 概説

本章では、第3章と第4章で構築した土地利用のマクロモデルとマイクロモデルをシミュレーション分析に適用し、各種のプロジェクトの実施効果を予測する実用的土地利用モデルとしての有効性を検討する。以下では2種類の分析を行う。

1つは、都市圏全域での交通条件の変化に関するシミュレーション分析である。ここでは、都市圏内ですべての交通機関の速度が一定の割合で上昇または低下するという仮想的な政策シナリオを設定し、シミュレーション分析を通じて交通条件の変化と土地利用との関係について一般的な特徴を考察する。この分析は、英国の王立交通研究所(Transport and Road Research Laboratory, 以下ではTRRLと略す)を中心とする土地利用-交通モデルの国際研究グループ(International Study Group on Land-use/Transport Interaction, 以下ではISGLUTIと略す)^{1), 2)}による共同研究の一部として行われたものである。本章では、ISGLUTIの研究活動についても簡単に紹介する。

また、他の1つのシミュレーション分析では、大阪都市圏で実際に計画されているプロジェクトとして関西国際空港建設にともなう大阪府泉州地域の交通網整備をとりあげ、泉州地域の交通網整備が都市圏内の土地利用に及ぼすインパクトを分析する。³⁾

以下まず5-2では、モデルをシミュレーション分析に適用する際の前提条件を述べる。次に5-3と5-4では、都市圏全域での交通条件の変化と泉州地域の交通網整備のそれぞれについて、シミュレーション分析の結果をまとめ、考察する。最後に5-5では、本章で得られた研究成果をまとめるとともに、今後の課題を述べる。

5-2 シミュレーション分析の前提条件

5-2-1 土地利用のマクロモデルとマイクロモデルの関連^{4)~6)}

第3章で構築した土地利用のマクロモデルは、都市圏内の人口と従業者数の分布を2, 3の市区町村で構成される比較的大きなゾーン(以下では中ゾーンとよぶ)単位で予測するモデルである。モデルを予測に適用するには、都市圏全体の人口と各業種の従業者数をコントロールトータルとして外生的に与える。一方、第4章で構築した土地利用のマイクロモデルは、各中ゾーンの活動別土地利用面積をコントロールトータルとして、中ゾーンに含まれる日常生活圏程度の小さなゾーン(以下では生活圏ゾ

ーンとよぶ) 単位の土地利用を予測する。

以上のように、土地利用のマクロモデルにおけるゾーニングとマイクロモデルにおけるゾーニングは、「中ゾーン → 生活圏ゾーン」という階層的な関係にある。そこで本研究では、シミュレーション分析を行なう際に両者を統合し、図5-1に示す1つの土地利用モデルとして適用する。また以下では、図5-1の土地利用モデルを「階層的土地利用モデル (Hierarchical Land-Use Model, 以下では HILUMと略す)」とよぶ。

HILUM は、予測時点のコントロールトータルとして外生的に与えられる都市圏全体の人口と従業者数を、生活圏ゾーンの土地利用にまでブレイクダウンしてゆく階層的な土地利用モデルである。ところで、HILUM に含まれる土地利用のマクロモデルとマイクロモデルでは、推計の対象とする土地利用の指標が異なる。そこで、土地利用のマクロモデルによる人口と従業者数の予測結果は、土地面積原単位によって土地利用面積に変換し、コントロールトータルとして土地利用のマイクロモデルに入力する。

5-2-2 モデルの動学的適用について

第2章で考察したように、土地利用モデルは経年的な土地利用予測の可能性という点に着目すれば、動学的モデル (dynamic model)、擬似動学的モデル (quasi-dynamic model)、静学的モデル (static model) の3種類に大別することができる。ところで、実際の都市・地域計画は20年程度の期間を対象とすることが多く、この間の土地利用の変化を予測する際には、モデル中の主要な変数の時間的変化を内生化した動学的モデルの適用が望ましい。しかし、完全な動学的モデルを開発するためには、データの利用可能性、モデル構造の複雑化、モデル開発の費用などの点で問題も多い。したがって、従来のほとんどの土地利用モデルは、一定の仮定のもとでモデルを動学的に適用する擬似動学的モデルである。

本章で適用する HILUMは、モデル中の変数やパラメータの時間的変化が内生化された動学的モデルではない。そこで、長期予測の際には、図5-2に示すようにモデルを擬似動学的モデルとして時間軸に沿って繰り返しの (recursive) に適用し、目標時点の予測値を求める。図5-2では、モデルを適用する各時点ごとに、都市圏全体の人口と従業者数のコントロールトータル、交通網や都市施設の整備水準などを外生情報としてモデルに入力する。また、前時点における土地利用の予測結果も、各予測期間の期首の土地利用に関するデータとしてモデルに入力する。

さらに、HILUM を長期予測に適用する際には、以下の前提をおく。

- ① 土地利用のマクロモデルとマイクロモデルは、キャリブレーションの際に、5年間隔のデータを使用している。したがって、図5-2に示すように、モデルを時

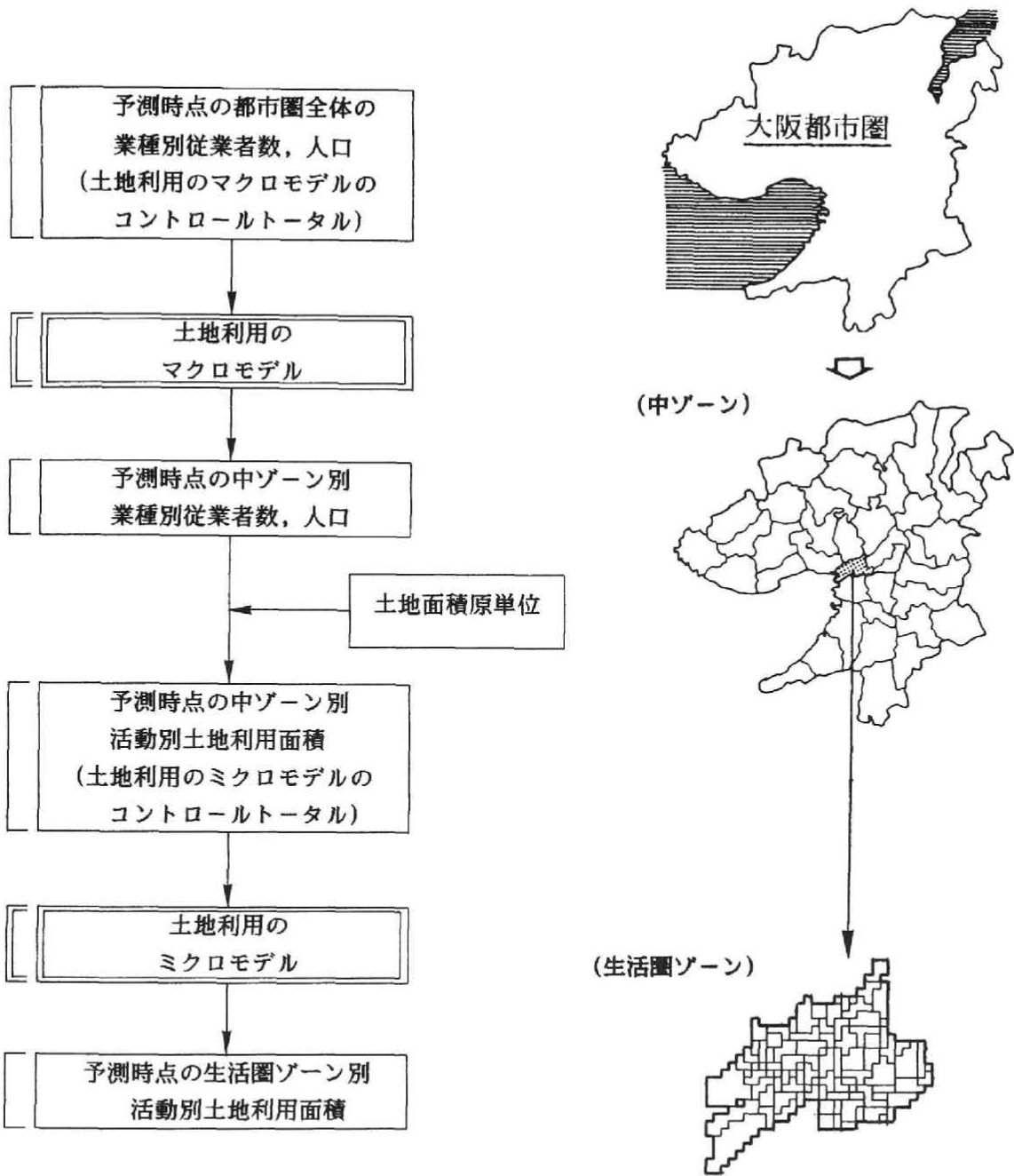


図5-1 HILUMの全体構成

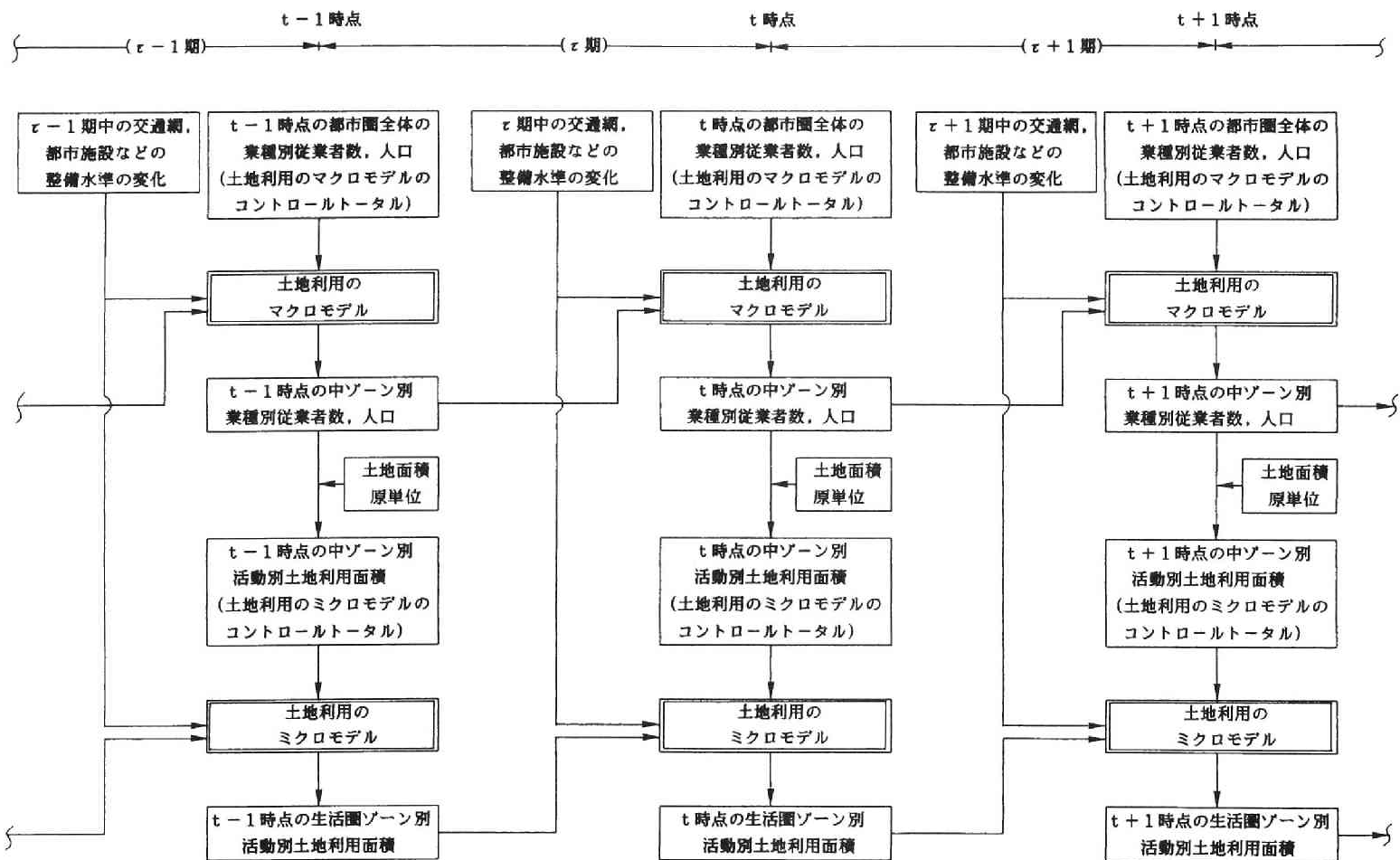


図5-2 HILUMの動的適用方法

間軸に沿って繰り返的に適用する場合、各時点の間隔は5年とする。

- ② 予測期間中を通じて、モデルの構造やモデル中のパラメータは不変とする。このことは、キャリブレーション時点における都市活動の立地メカニズムや土地利用の形成メカニズムが、予測期間を通じて変化しないことを意味する。また、交通網整備や住宅開発などの政策の実施は、モデル中の説明変数値の変化を通じて都市圏内の土地利用を変動させるものと仮定する。
- ③ 土地利用のマクロモデルによる従業者数、人口の予測結果を土地利用のミクロモデルに入力する場合、土地面積原単位は予測期間を通じて不変とする。ケーススタディでは、表5-1に示す昭和48年の土地面積原単位を用いる。

表5-1 各中ゾーンの土地面積原単位

中ゾーンNo	住 宅	商 業	工 業
1	42.2	8.0	81.0
2	35.3	13.9	70.7
3	71.1	24.7	215.0
4	73.1	20.8	125.1
5	129.7	34.5	66.4
6	91.7	24.2	176.5
7	129.0	27.6	116.8
8	50.8	11.8	79.3
9	48.3	14.4	122.0
10	61.8	15.6	143.3
11	63.0	29.4	125.2
12	63.9	15.6	163.1

注) 昭和48年のデータにもとづいて算出した。

単位は $\text{m}^2/\text{人}$ 。

5-3 都市圏全域における交通条件の変化に関するインパクト分析

5-3-1 土地利用モデルの国際共同研究プロジェクトとの関連

本節のシミュレーション分析は、土地利用モデルの国際研究グループ ISGLUTIによ

る共同研究の一部として行われたものである。そこで、以下ではまず、ISGLUTI の概要と研究プロジェクトの内容について簡単に説明する。^{7),8)}

交通計画における土地利用と交通の相互依存関係は、1950年代中期に Mitchell や Rapkin⁹⁾らによってその重要性が指摘されて以来、数多くの研究が行われている。また、過去の研究成果をふまえて、土地利用モデルと交通モデルを統合した土地利用－交通モデルを構築する試みも世界各地で行われている。しかし、これまでの研究者の努力にもかかわらず、土地利用と交通の相互依存関係に関する研究は、交通需要予測などの都市・地域計画の他の分野での研究に比べると、必ずしも十分な成果をあげているとはいえない。1つの原因として、交通網整備や運賃の変化など、交通サービスの変化にともなう土地利用の変動が長期にわたるため、土地利用を変動させる他の要因と複合して、交通サービスの変化を単独の要因として厳密に分析することが難しいということがあげられる。また分析作業面でも、土地利用の変化を追跡するためには長期間のデータを必要とすることから、データの利用可能性や研究費用の面で困難が生じる。

TRRLの F.V.Webster や P.H.Bly らは、上述の研究上の困難をふまえ、土地利用と交通の相互依存関係を分析するためには国際的な共同研究が必要であるとして、1980年に土地利用－交通モデルの国際研究グループ ISGLUTIを組織した。ISGLUTI は、次の2点を主要な研究目的としている。¹⁰⁾

- ① 交通政策と土地利用政策の実施効果を十分に評価するために、土地利用と交通の相互作用に関する長期的効果を分析する。
- ② 土地利用から交通、交通から土地利用という両方向の関係をモデル化する手法を、既存の分析手法を改良するという観点から検討する。

そして、以上の研究目的を達成するために、表5-2の5種類の研究プロジェクトが計画された。現在、ISGLUTI にはTRRLを含めて23の研究機関が参加しており、この中で表5-3に示す9の研究グループが、各自の土地利用モデルを用いて共同研究を行っている。また現在までに、表5-2の研究プロジェクトのうち、プロジェクト2までがほぼ終了しており、一部のメンバーによってプロジェクト3の検討が行われている。

本節では、ISGLUTI によって提案された表5-2の研究プロジェクトのうち、プロジェクト2の政策テストに関するシミュレーション分析の結果について解説する。

ISGLUTI では、プロジェクト2のための政策テスト項目として表5-4に示す44の内容を設定している。¹¹⁾表5-4は、土地利用－交通モデルに対して考えうるほぼすべての政策テストの内容を含んでおり、筆者らは、表5-4のテスト項目のうち○を

表5-2 ISGLUTI による研究プロジェクトの概要

研究プロジェクト	研究の概要
【プロジェクト1】 モデル化手法の概観	各モデル作成者に、各自の土地利用モデルの形式、モデルへの入力データ、モデルからの出力情報などに関するアンケート調査を行う。そしてアンケート調査結果を比較することにより、各モデルの適用対象や長所、短所などを明らかにする。
【プロジェクト2】 政策テスト	各土地利用モデルの種々の政策に対する感度を分析し、モデルの違いによる予測結果の差異を比較検討する。このために標準的な政策のリストを作成し、土地利用モデルを各政策のもとでモデルが作成された対象地域に適用する。そしてモデル間で予測結果を比較する。
【プロジェクト3】 土地利用モデルと データセットの交換	各土地利用モデルを、異なるデータセット（すなわち異なる対象地域）に対して適用する。そして、モデルの形式や都市のタイプによる予測結果の差異を比較し、各モデルの有効性や都市のタイプと土地利用モデルの適用性との関係を考察する。
【プロジェクト4】 土地利用と交通の 相互作用に関する 研究のレビュー	土地利用と交通の相互作用に関連する種々の内容について、従来の研究のレビューを行う。レビューの対象としては、自家用車保有率やトリップ行動とCBDからの距離の関連、通勤トリップ、非集計行動モデルに関する研究などがあげられる。
【プロジェクト5】 交通投資に関する 実証的研究	鉄道や高速道路などの大規模な交通投資による効果を、前後比較法による従来の実証的研究を用いて検討する。また、実証的分析の結果と上述の土地利用モデルによる分析結果を比較するとともに、可能ならば実証分析の際のデータセットに対して土地利用モデルを適用する。

表5-3 ISGLUTI の主要な研究メンバーと土地利用モデル

研究機関	主要な研究者	国名	土地利用モデル名
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	J.F.Brotchie R.Sharpe	オーストラリア	TOPAZ (<u>T</u> echnique for the <u>O</u> ptimal <u>P</u> lacement of <u>A</u> ctivities in <u>Z</u> ones)
ドルトムント大学	M.Wegener	西ドイツ	DORTMUND
ユトレヒト大学	H.Floor T.Jong	オランダ	AMERSFOORT
Royal Technical Institute	L.Lundqvist	スウェーデン	SALOC
リーズ大学	R.Mackett A.Lodwick	英国	LILT (<u>L</u> eeds <u>I</u> ntegrated <u>L</u> and- <u>U</u> se <u>T</u> ransport Model)
Marcial Echenique & Partners	M.Echenique A.Flowerdew D.Simmonds	英国	MEP (<u>M</u> arcial <u>E</u> chenique & <u>P</u> artners Model)
ペンシルバニア大学	S.Putman	アメリカ合衆国	ITLUP (<u>I</u> ntegrated <u>T</u> ranspor- <u>t</u> ation and <u>L</u> and- <u>U</u> se Model <u>P</u> ackage)
東京大学・名古屋大学	中村英夫 林 良嗣 宮本和明 清水英範	日本	CALUTAS (<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>L</u> and <u>U</u> se <u>T</u> ransport <u>A</u> nalysis <u>S</u> ystem)
京都大学	天野光三 戸田常一 阿部宏史	日本	HILUM (<u>H</u> ierarchical <u>L</u> and- <u>U</u> se <u>M</u> odel)

注) HILUM は、ISGLUTIでは OSAKA Modelとよばれている。

表5-4 プロジェクト2における政策テスト項目

項目の概要	項目No	テスト内容	HILUMの適用項目
—	1*	ベースラン。「政策が何も行われぬ」予測。基準年(0)、10年後、20年後のそれぞれについて予測を行う。	○
人口の変化	2*	年2%で各年齢階層の人口が増加する。ただし、この間の土地利用政策は変わらないものとする。	○
	3*	2と同じ人口増加で、外縁部(fringe)における開発が制限される。	
	4	低所得層の人口が年2%の割合で増加する。ただし、この間の土地利用政策は変わらないものとする。	
	5	4と同じ人口増加で、外縁部(fringe)における開発が制限される。	
	6*	都市圏全体の人口増加はゼロとするが、予測期間中に低所得層の人口が10%増加し、高所得層の人口が10%減少する。また、この間の土地利用政策は変わらないものとする。	
	7	6と同じ人口増加で、外縁部(fringe)における開発が制限される。	
	雇用の変化	8*	中心地区(inner area)の非サービス業従業者数の50%が外部地域(outer area)に移動する。
9*		中心地区(inner area)の非サービス業従業者数の50%が周辺部の工業地に移動する。	○
10*		すべての非サービス業雇用を就業者の近隣に再配分する。	○
輸送費用の変化	11*	自動車輸送の限界費用が15年間に4倍になる。	
	12	CBDにおける駐車料金が自家用車による通勤費と等しくなる。	
	13*	CBDにおける駐車料金が自家用車による通勤費の3倍になる。	
	14*	公共交通機関の運賃が5年後に無料となる。	
	15	公共交通機関の運賃が5年後に50%値上げとなる。	
	16	公共交通機関の運賃が5年後に100%値上げとなる。	
	17	すべての交通機関の単位距離あたりの輸送費が50%上昇する。	
	18	すべての交通機関の単位距離あたりの輸送費が100%上昇する。	
所要の時変間化	19*	バスのスピードが20%上昇し、私的交通機関のスピードが20%低下する。	○
	20	速度40km/hの都市横断鉄道が開通する。	
	21	速度60km/hの都市横断鉄道が開通する。	
	22	外部地域に制限速度80km/hの高速道路が開通する。	
	23	中心地域に制限速度60km/hの環状道路が開通する。	

注) * : プロジェクト2で重要テスト項目とされている内容。

表5-4 プロジェクト2における政策テスト項目（続き）

項目の概要	項目 No	テスト内容	HILUMの適用項目
所要の時変間化	24	中心地域(inner area)における道路の制限速度が15%低下し、外部地域(outer area)では25%低下する。	
	25 [*]	すべての交通機関の速度が20%上昇する。	○
	26 [*]	すべての交通機関の速度が20%低下する。	○
交通投資の時期	27	最初の10年間に公共交通機関の速度が2倍、次の10年間に道路の容量が2倍になる。	
	28	最初の10年間に道路の容量が2倍、次の10年間に公共交通機関の速度が2倍になる。	
	29	27、28と同じ交通投資が20年間にわたって行われる。	
	30	交通投資が行われず、自動車の保有率が現状のトレンドのまま推移する。	
	31	交通投資が行われず、自動車の保有率が現状のトレンドの2%増で推移する。	
	32	交通投資が行われず、自動車の保有率が現状のトレンドの2%減で推移する。	
	33	最初の10年間に公共交通の料金を無料にし、その後も無料のままとする。	
	34	最初の10年間に公共交通の料金を無料にし、次の10年間に助成をゼロとする。	
	35	最初の10年間に公共交通への助成金をゼロに減らし、その後も助成を行わない。	
	36	最初の10年間に公共交通への助成金をゼロに減らし、次の10年間で公共交通の料金がゼロとなるように助成を行う。	
経済政策	37 [*]	景気後退のため雇用が20%減少し、すべての輸送コストが20%上昇する。	
	38	全人口が同一の可処分所得階層として税政策を行う。	
	39	高所得層の半数と低所得層の半数を対象として税政策を行う。	
シセ ョン ッタ ピ ルの グ建 設	40 [*]	都心のショッピングセンターの床面積が半分になり、都心外の地域へ再配分される。	○
	41	都心のショッピングセンターの1/4の広さをもつ新しいショッピングセンターが都市周辺部の交通の便の良い場所にできる。	
	42	都心部の店舗の賃貸料、不動産価格が25%下がる。	
	43	都心への買物客に無料の駐車場を提供する。	
	44	都心の商店街への無料の公共交通機関を提供する。	

注) * : プロジェクト2で重要テスト項目とされている項目。

付した9項目について HILUMを適用している。¹²⁾

5-3-2 インパクト分析における政策シナリオの設定

本節で行うシミュレーション分析は、表5-4のうち、項目25と26を拡張したものである。表5-5に、分析の対象とする政策テストの内容を示す。

表5-5 本研究で分析対象とするテスト項目

	テスト内容	表5-4のテスト項目との対応
テスト1	ベースラン。昭和43年～昭和48年の都市圏全体での従業者数と人口の成長率が将来も続くと仮定して、昭和68年の土地利用を予測する。この際、予測期間中には交通網整備などの政策は何も行われないものと仮定する。	項目1と同じ
テスト2	テスト1に加えて、予測期間中に都市圏全域すべての交通機関の速度が10%、20%、30%の3通りに上昇する場合の土地利用を予測する。	項目25を拡張
テスト3	テスト1に加えて、予測期間中に都市圏全域すべての交通機関の速度が10%、20%、30%の3通りに低下する場合の土地利用を予測する。	項目26を拡張

まず、テスト1では、都市圏全体の人口と従業者数が現在のトレンドで推移する場合の20年後の土地利用を予測する。これは、表5-4における、項目1のベースランと同一の内容である。ベースランは、種々の政策に関する分析結果を考察する際に、比較の基準として用いる。

次に、テスト2とテスト3は、都市圏全体の交通条件の変化に関する政策である。これら2つのテスト項目は正反対の内容となっており、両者の結果を比較することによって、交通条件の変化と土地利用との関連を詳細に検討することができる。さらに、本研究では、ISGLUTIによるテスト内容を拡張し、交通機関の速度を10%、20%、30%の3通りに上昇または低下させた場合の土地利用の変化を分析する。

また以上のシミュレーション分析では、予測の目標年次を20年後としている。5-2で述べたように、HILUMは5年間隔で将来の土地利用を予測する。したがって、上述のシミュレーションを行う際には、モデルを20年後の予測年次まで4回繰り返し返

し適用して土地利用の予測値を求める。

5-3-3 土地利用のマクロモデルの適用結果と考察

以上の政策シナリオのもとで、土地利用のマクロモデルを適用し、都市圏内の従業者数と人口の分布を予測した。以下では、まず分析結果の考察方法について述べ、次に表5-5の各テスト項目に対するシミュレーション分析の結果と考察をまとめる。

(1) 土地利用のマクロモデルによる予測結果の考察方法

土地利用のマクロモデルは、大阪都市圏内の39中ゾーンを対象として、人口と12業種の従業者数を予測する。予測結果を詳細に考察するためには、各ゾーンごとに予測結果を検討することが望ましいが、分析作業が膨大となってしまう。そこで、本分析では、ISGLUTI によって提案されている都市活動とゾーンの集計方法にもとづいて、分析結果を次のように集計したうえで考察を行うこととした。

① 都市活動の集計について

ISGLUTI では、都市活動を「非サービス業(Non-Service)」、「非小売サービス業(Non-Retail Service)」、「小売サービス業(Retail Service)」、「人口(Population)」の4種類に集計して分析結果の比較を行うことを提案している。本分析では、ISGLUTI による分類基準に従って、土地利用のマクロモデルにおける業種を表5-6のように再集計して考察を行うこととした。

② ゾーンの集計について

ISGLUTIではゾーンについても、「都心(Central Area, CA)」、「近郊(Inner Suburbs, IS)」、「郊外(Outer Suburbs, OS)」という3つの地域への集計を提案している。そして各地域におけるインパクトの差異を比較するために、次の式(5-1)の指標が提案されている。

$$\left\{ \left(\frac{X_a}{X_{ct}} \right)_p - \left(\frac{X_a}{X_{ct}} \right)_b \right\} \times 100 \quad (\%) \quad (5-1)$$

ここに、

X：土地利用の予測値(たとえば、人口、従業者数など)

a：都心(CA)、近郊(IS)、郊外(OS)のいずれかの値であることを表わす

ct：対象地域全域(すなわち(CA + IS + OS))の値であることを表わす

p：政策テスト項目

b：ベースランによる結果であることを表わす

表5-6 ISGLUTI による業種分類と
土地利用のマクロモデルとの対応

ISGLUTIによる業種分類	土地利用のマクロモデル における業種分類
非サービス業 (Non-Service)	1 木製品
	2 紙・パルプ
	3 皮・ゴム
	4 化学
	5 石油・石炭
	6 窯業・土石
	7 食料品
	8 繊維
	9 金属
	10 金属加工
	11 出版・印刷・その他
	12 工業非現業部門
非小売サービス業 (Non-Retail Service)	1 建設業
	2 卸売業
	4 金融・保険・不動産業
	5 運輸・通信業
小売サービス業 (Retail Service)	6 電気・ガス・水道業
	3 近隣サービス業
人 口 (Population)	人 口

本分析では、各ゾーンの予測結果を大阪都市圏の地図上に表示して考察するほか、上述の集計方法にもとづく考察も行う。この際、都心、近郊、郊外の3つの地域への分類は、昭和48年における各ゾーンの工業従業者数、業務・商業従業者数、人口の3つの指標を用いたクラスター分析によって行った。図5-3に、クラスター分析によって得られたデンドログラムを示す。そして、この結果にもとづいて、大阪市に該当する2ゾーンを都心地域、大阪市周辺の15ゾーンを近郊地域、近郊地域の外側に位置する22ゾーンを郊外地域に、それぞれ分類した。図5-4に分類結果を示す。

(中ゾーン番号)

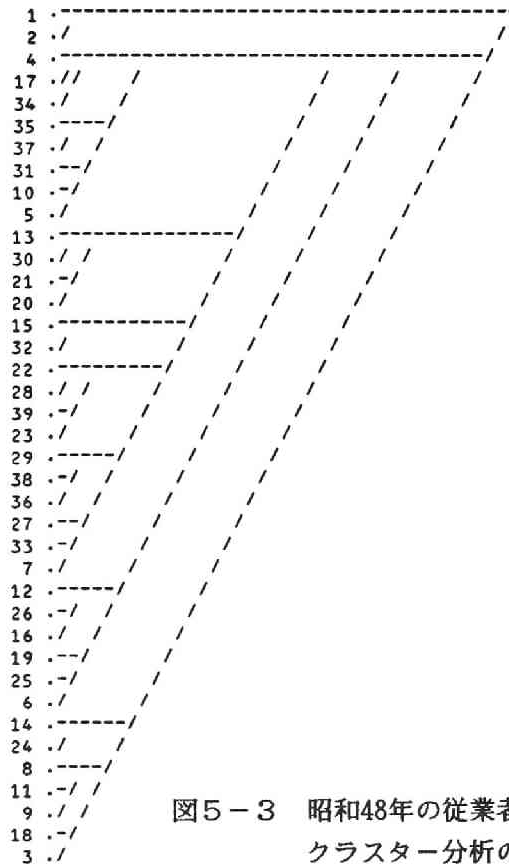


図5-3 昭和48年の従業者数，人口による
クラスター分析の結果
(デンドログラム)

- 郊外 (OS)
- ▨ 近郊 (IS)
- 都心 (CA)

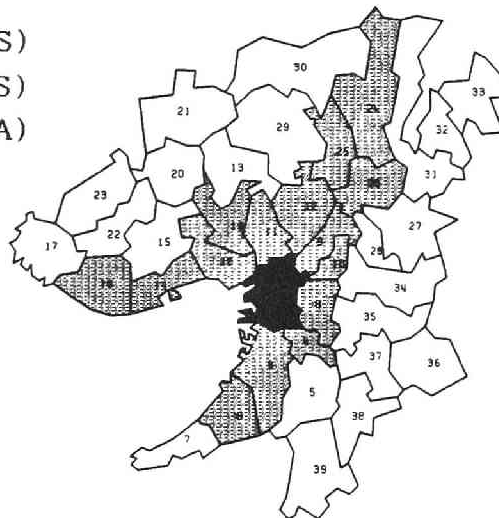


図5-4 都心(CA)，近郊(IS)，郊外(OS)の分類結果

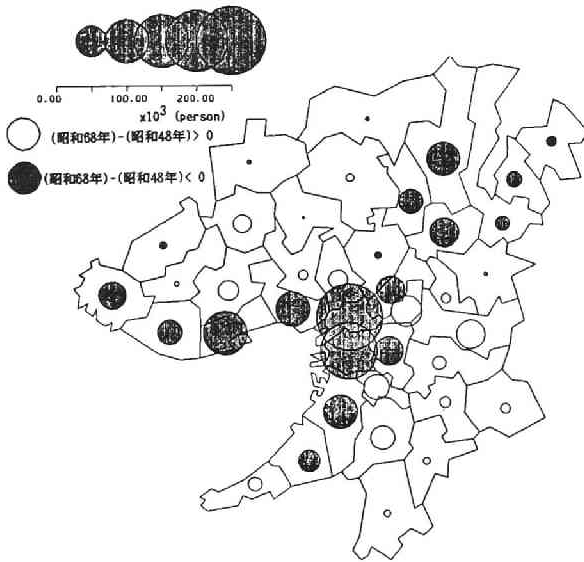
(2) ベースランによる従業者数、人口の予測結果と考察

まず、表5-5のテスト項目のうち、テスト1のベースランにもとづいて都市圏内の従業者数と人口の分布を予測した。図5-5に、ベースランによる予測結果を、シミュレーション分析期間の期首(昭和48年)と期末(昭和68年)の差として示す。図中の白い○印は昭和48年に比べて従業者数、人口が増加したゾーン、黒い○印のゾーンは従業者数、人口が減少したゾーンを表わす。以下に、予測結果に対する考察をまとめる。

- ① 図5-5(1)の非サービス業は、大阪市、神戸市、京都市などの都心部や大阪湾岸の工業地帯のゾーンを中心として、昭和48年よりも従業者数が減少している。大阪都市圏内の非サービス業は年々減少傾向にあり、ベースランでも非サービス業従業者数のコントロールトータルを減少傾向で与えたため、非サービス業の集積が大きいゾーンを中心として従業者数の減少が予測されたものと思われる。
- ② 図5-5(2)をみると、非小売サービス業は、大阪市、神戸市、京都市の都心部では従業者数が減少しているが、他のゾーンでは昭和48年よりも従業者数が増加している。非小売サービス業の従業者数は大阪都市圏全体では増加傾向にあるが、大都市の都心部ゾーンでは非小売サービス業のサービス対象となる従業者数や人口が減少しているため、従業者数の減少が予測されたものと考えられる。
- ③ 図5-5(3)の小売サービス業は、大阪市周辺のゾーンでは人口と従業者数の増加を反映して、従業者数の伸びが著しい。また、大阪市北半部のゾーンでは従業者数が増加しているのに対し、大阪市南半部のゾーンでは従業者数が減少している。図5-5(4)の人口の予測結果をみると、大阪市北半部のゾーンでは人口が増加しており、小売サービス業のサービス対象となる人口が増加した結果、従業者数が増加したものと考えられる。
- ④ 図5-5(4)では、大阪市、神戸市、京都市とその周辺のいくつかのゾーンで人口の減少が予測されている。第3章の図3-8で示したように、昭和43年～昭和53年には、大阪市、神戸市、京都市の都心部ゾーンのみで人口減少がみられた。しかし、シミュレーション分析の期間中に都心部周辺のゾーンでも従業者数と人口が増加したことによって、式(3-15)中の過密の指標が人口増加に対するマイナスの要因として強く影響するようになったものと思われる。

次に、図5-6に、都心(CA)、近郊(IS)、郊外(OS)の各地域について、昭和68年の予測値の昭和48年の実績値に対する変動率を示す。変動率は、式(5-1)にもとづいて、次式で定義した。

(1) 非サービス業従業者数



(2) 非小売サービス業従業者数

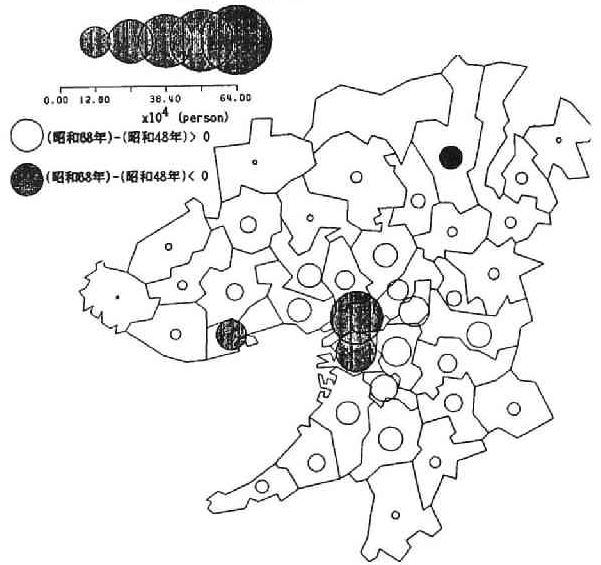
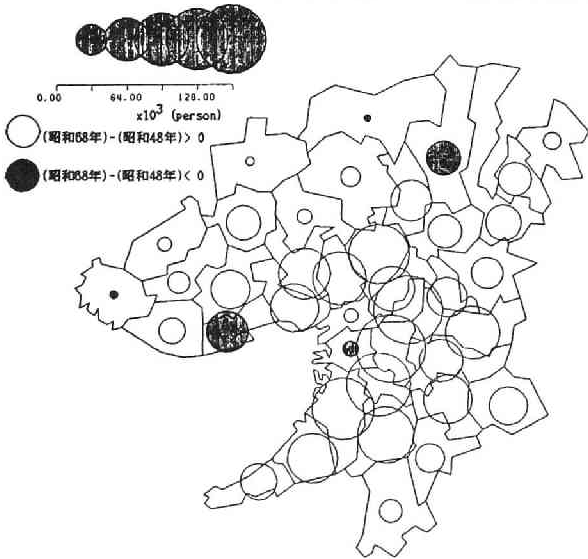
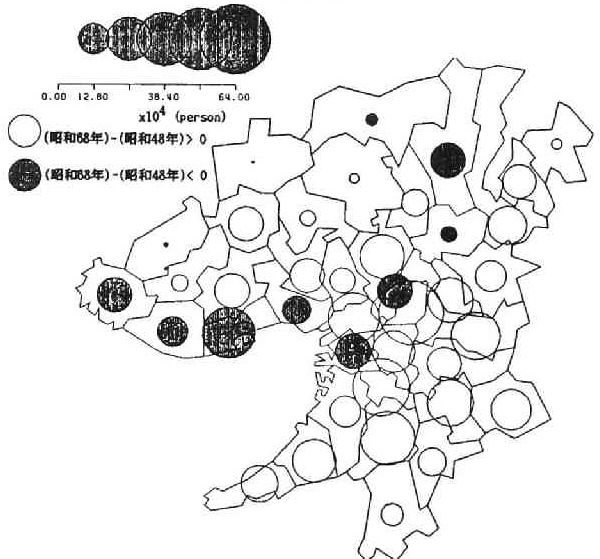


図5-5 ベースランによる予測結果

(3) 小売サービス業従業者数



(4) 人口



$$\left\{ \left(\frac{X_a}{X_{ct}} \right)_{68} - \left(\frac{X_a}{X_{ct}} \right)_{48} \right\} \times 100 \quad (\%) \quad (5-2)$$

ここに、

X : 土地利用の予測値 (たとえば, 人口, 従業者数など)

a : 都心(CA), 近郊(IS), 郊外(OS)のいずれかの値であることを表わす

ct : 対象地域全域 (すなわち(CA + IS + OS)) の値であることを表わす

48, 68 : それぞれ昭和68年および昭和48年の値であることを表わす

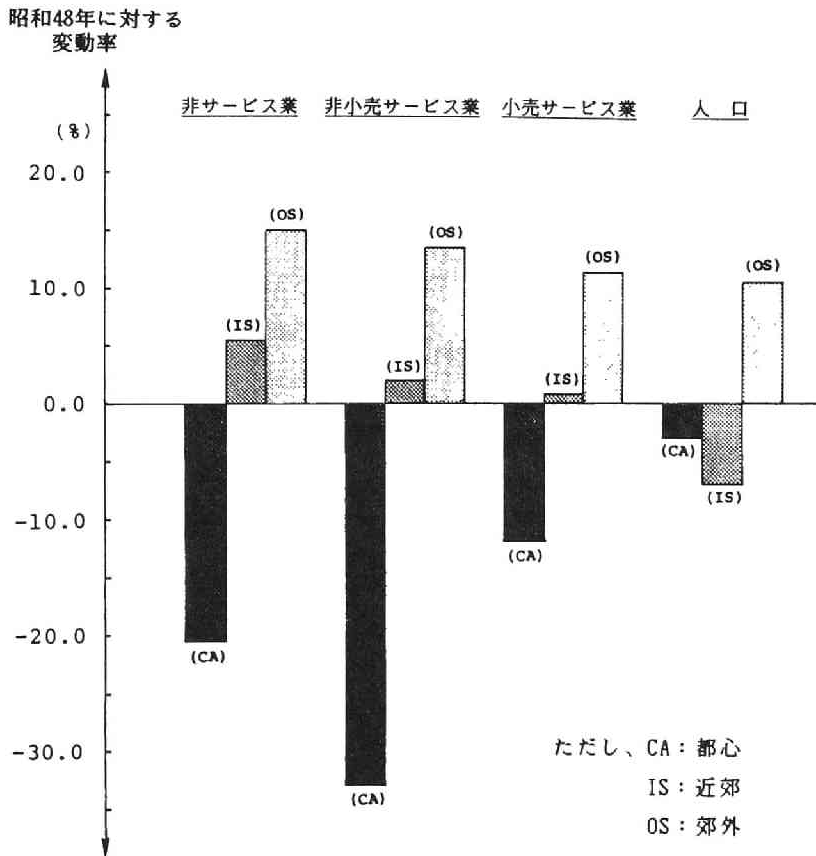


図5-6 ベースランによる昭和68年の従業者数, 人口の予測結果と昭和48年との比較

図5-6をみると、大阪市都心部に該当する都心地域では、各業種とも従業者数が10%以上の大幅な減少になっているのに対し、郊外地域では増加率が大きい。また、人口は、図5-5の予測結果では大都市周辺部のゾーンでも減少が生じており、図5-6の変動率は都心、近郊の両地域でマイナスとなっている。

(3) 交通条件の変化にともなう従業者数、人口の予測結果と考察

次に、予測期間中に都市圏内の交通条件が変化した場合について、各ゾーンの従業者数と人口を予測する。表5-5に示したように、交通条件の変化としては、都市圏全域ですべての交通機関の速度が10%、20%、30%の3通りに上昇または低下する場合を考える。そして、分析結果をベースランの予測結果と比較することによって、交通条件の変化が都市圏内の従業者数と人口の分布に及ぼす影響を分析する。

シミュレーション分析の結果、各活動ともにほぼ同様の予測結果が得られたので、以下では人口に関する分析結果を説明する。図5-7~8に、各中ゾーンの人口の予測結果とベースランによる人口の予測結果との差を示す。また図5-9に、都心、近郊、郊外の3つの地域について、式(5-1)で求めた変動率を示す。以下に、各図に対する考察をまとめる。

- ① 図5-7~8、図5-9ともに、交通機関の速度が上昇する場合と低下する場合には、ほぼ正反対の予測結果となっている。交通機関の速度が上昇すると、郊外のゾーンの交通利便性が向上するため、郊外での人口増加がベースランに比べて促進される。一方、都心とその周辺部のゾーンでは、郊外に比べて相対的に交通利便性が低下するため、ベースランよりも人口が減少する。交通機関の速度が低下する場合は、郊外での交通利便性が低下するので、郊外の人口はベースランに比べて減少し、都心部の人口はベースランよりも増加する。
- ② 図5-7~8では、交通機関の速度変化が $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 、 $\pm 30\%$ の各場合について、予測結果とベースランとの差を示している。これらの図によれば、上述の速度変化に対して、人口の増減傾向が異なるゾーンの分布にはほとんど差異がみられない。交通機関の速度が上昇するにつれて郊外での人口増加はより大きくなり、逆に交通機関の速度が低下するにつれて郊外での人口減少はより大きくなる。しかし、図5-7~8に示されるように、人口の増減傾向が異なるゾーンの分布は速度の変化にかかわらずほぼ一定である。
- ③ 図5-9は、式(5-1)の指標を用いて、都心、近郊、郊外の各地域別に、交通機関の速度変化と人口の変動率との関係を示したものである。図5-9(1)によると、交通機関の速度が上昇する場合は、郊外のみでベースランよりも人口が増加しており、都心と近郊の2地域ではベースランよりも人口が減少している。

(1) 交通機関の速度が10%上昇した場合



(2) 交通機関の速度が20%上昇した場合

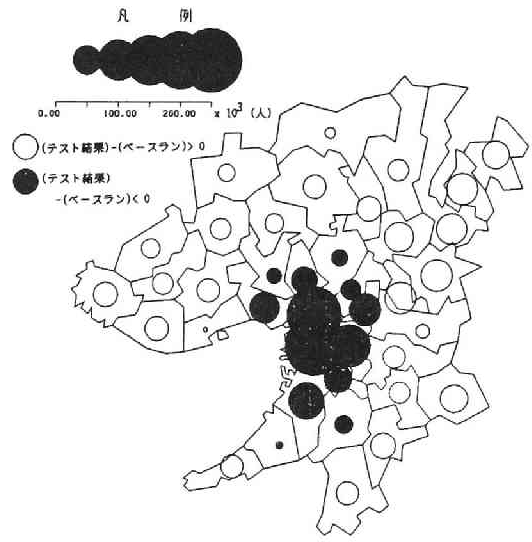
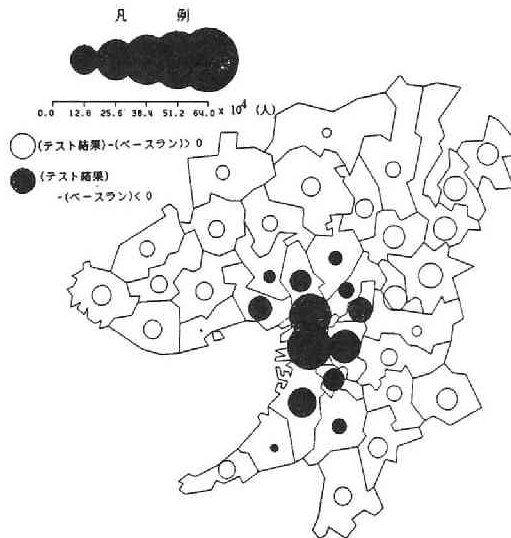
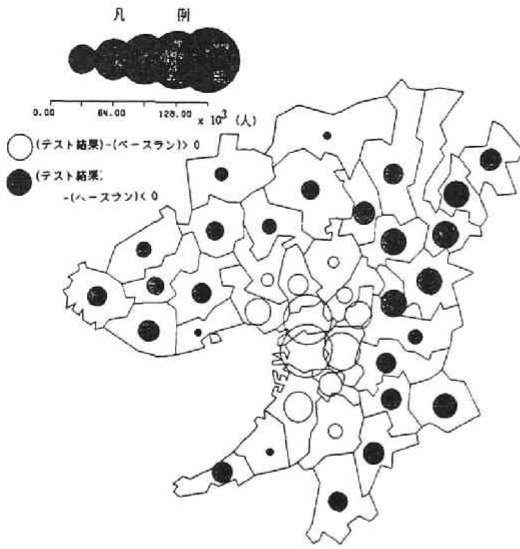


図5-7 交通機関の速度上昇にともなう
人口変動の予測結果

(3) 交通機関の速度が30%上昇した場合



(1) 交通機関の速度が10%低下した場合



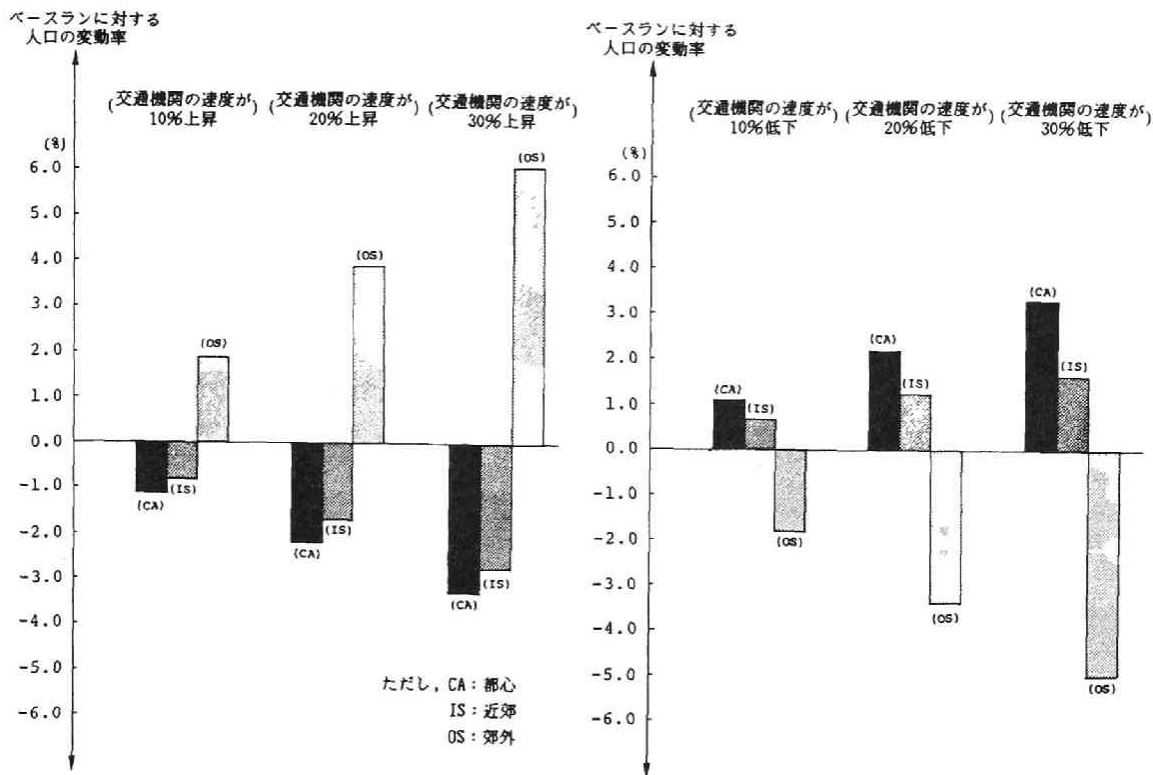
(2) 交通機関の速度が20%低下した場合



図5-8 交通機関の速度低下にともなう人口変動の予測結果

(3) 交通機関の速度が30%低下した場合





(1) 交通機関の速度が上昇する場合

(2) 交通機関の速度が低下する場合

図5-9 都市圏内の各地域における人口変動の比較

交通機関の速度が低下する場合は、速度が上昇する場合とは逆の増減傾向となっており、増減率の大きさもほぼ正反対である。また、図5-9(1)、(2)ともに、交通機関の速度が10%、20%、30%と上昇または低下することによって、都心、近郊、郊外の3地域における人口の変動率は、ほぼ直線的に変化している。

5-3-4 土地利用のマイクロモデルの適用結果と考察

ここでは、表5-5の各政策テスト項目に対する土地利用のマイクロモデルの適用結果を説明する。土地利用のマイクロモデルでは工業地、商業地、住宅地、農業地の4種類の土地利用面積を予測するが、以下では住宅地面積に関する予測結果を述べる。また、表5-5のテスト項目のうち、交通機関の速度が20%および30%上昇または低下する場合の分析結果をとりあげる。

図5-10～13に、各政策テスト項目に関する予測結果とベースランによる予測結果との差を示す。図5-10～11は、交通機関の速度が20%および30%上昇した場合の住宅地面積の変動状況を表わしている。図5-12～13は、交通機関の速度が20%および30%低下した場合の予測結果である。各図では、住宅地面積がベースランよりも増加したゾーンと減少したゾーンを区別して予測結果を示している。以下に、分析結果に対する考察をまとめる。

- ① 図5-10～11と図5-12～13を比較すると、交通機関の速度が上昇する場合と速度が低下する場合の予測結果は、ほぼ正反対となっている。そして、土地利用のマクロモデルと同様に、交通機関の速度が上昇する場合は郊外部での立地が促進され、速度が低下する場合は都心とその周辺部での立地が促進されている。
- ② 交通機関の速度の変化を大きくすることにより、各ゾーンの住宅地面積の変動量は大きくなる。しかし、図5-10と図5-11、図5-12と図5-13のそれぞれを比較すると、住宅地面積の増減の分布パターンはあまり変化していない。
- ③ 同一の中ゾーンでも各生活圏ゾーンの住宅地面積の変動は多様であり、土地利用の変化がきめ細かく予測されている。そして、土地利用のマクロモデルによる予測において人口がベースランよりも減少した中ゾーンでも、住宅地面積が増加している生活圏ゾーンが存在する。逆に人口が増加した中ゾーンでも、住宅地面積が減少している生活圏ゾーンがみられる。

以上の考察結果のうち①と②から明らかのように、土地利用のミクロモデルの予測結果においてもマクロモデルと同様の特徴がみられる。また、③で述べたように、各中ゾーン内では住宅地面積の変動がきめ細かく予測されている。

5-4 地域交通網整備のインパクト分析への適用

5-4-1 インパクト分析の概要

本節では、大阪都市圏土地利用モデルを実際のプロジェクト計画のインパクト分析に適用する。ここでは、プロジェクト計画として、関西国際空港建設にともなう大阪府泉州地域の交通網整備計画をとりあげる。

関西国際空港は、大阪府の泉州沖5kmの海上に24時間運用の国際空港を建設するプロジェクトである。大阪府の泉州地域では、空港建設と並行して空港へのアクセスのために鉄道整備や道路整備が計画されており、新空港の建設と合わせて、都市圏内

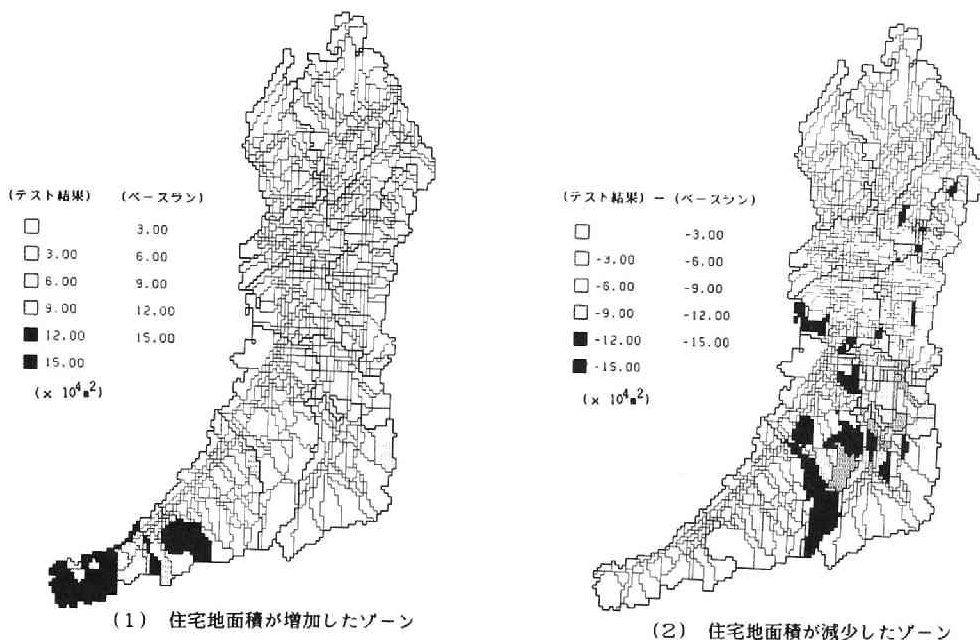


図5-10 交通機関の速度が20%上昇した場合の住宅地面積の変化

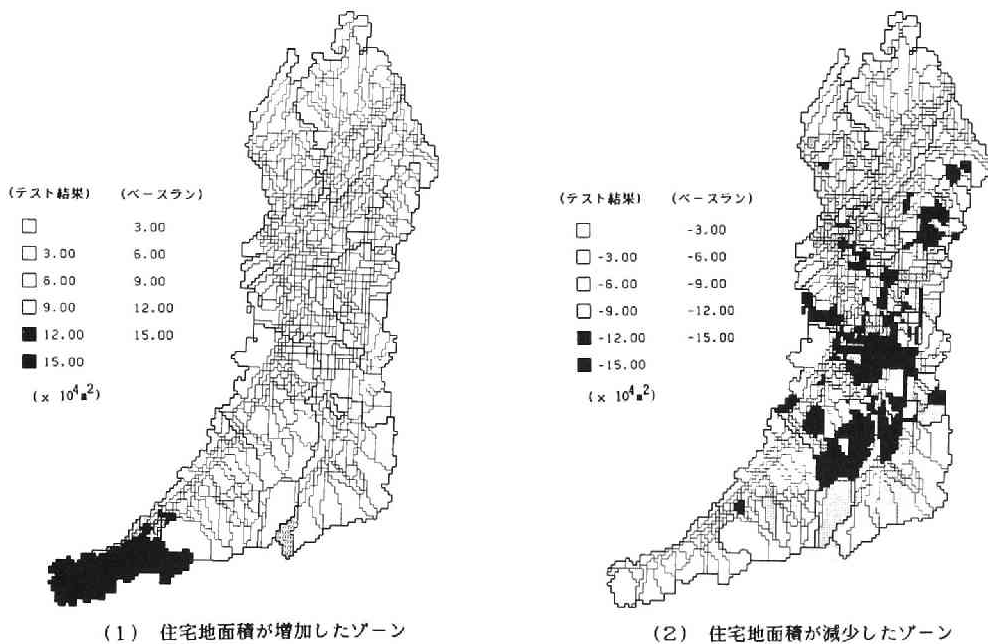


図5-11 交通機関の速度が30%上昇した場合の住宅地面積の変化

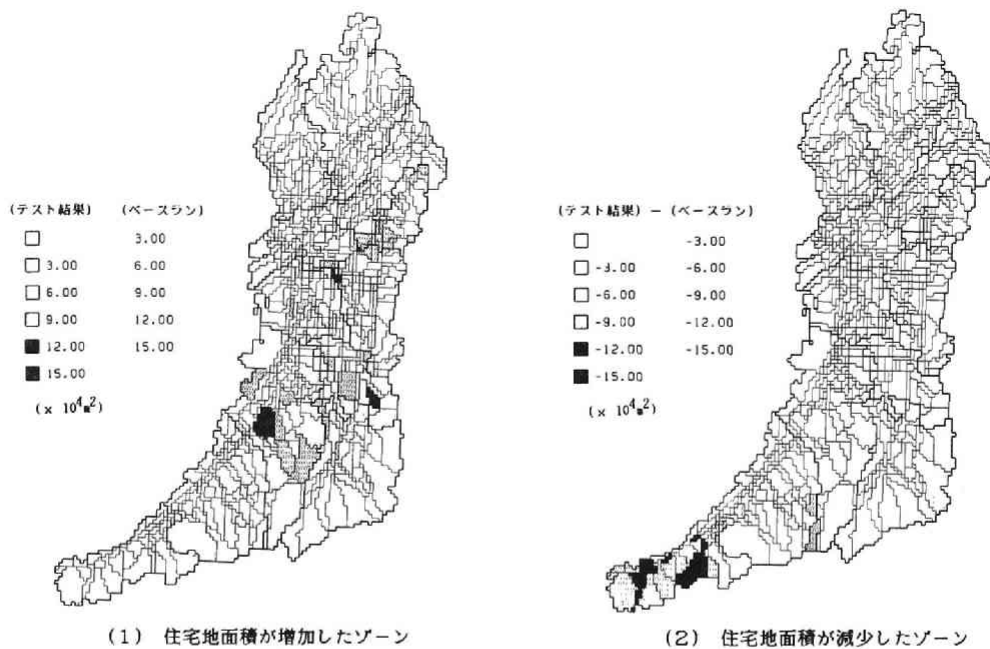


図5-12 交通機関の速度が20%低下した場合の住宅地面積の変化

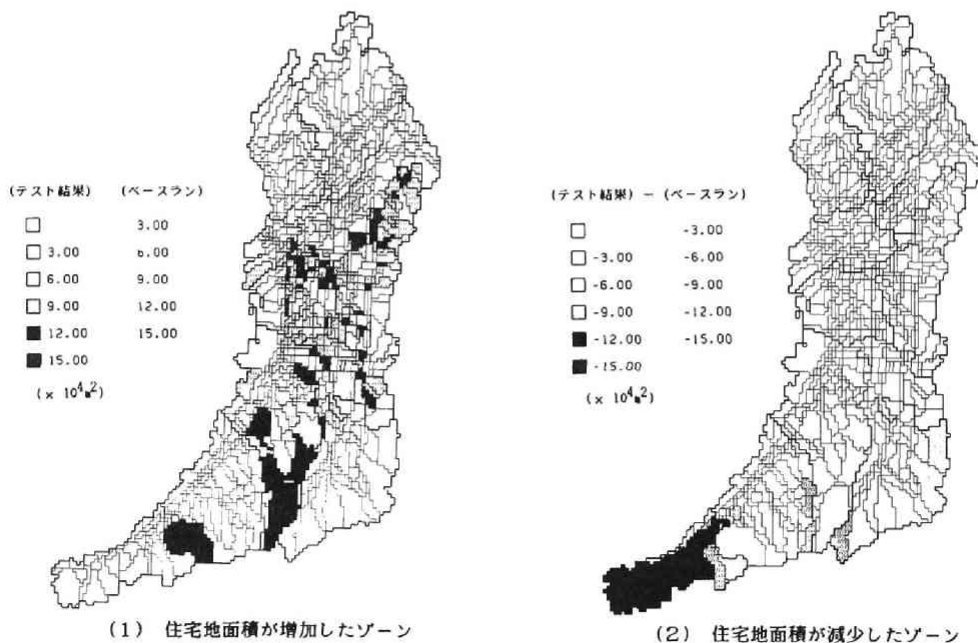


図5-13 交通機関の速度が30%低下した場合の住宅地面積の変化

の土地利用を大きく変動させるものと思われる。

本節の分析では、泉州地域で計画されている交通網整備について複数の代替案を設定し、各代替案の実施が都市圏内の土地利用に及ぼすインパクトを分析する。

5-4-2 インパクト分析における政策シナリオの設定

以下では、インパクト分析に先立って、分析の対象とする交通網整備計画の代替案を設定するとともに、分析の前提条件をまとめる。

(1) 交通網整備計画の代替案

関西国際空港へのアクセス交通手段としては、鉄道、道路、船舶などについて、いくつかの路線が計画されている。本分析では鉄道と道路について複数の整備計画路線をとりあげ、各路線を組合せることによって、分析の対象とする代替案を設定した。

まず、鉄道については、表5-7と図5-14に示す「大阪外環状線」と「阪和線の新大阪駅への直通化」の2つの整備計画路線を考える。次に、道路については、表5-8と図5-15に示す「大阪湾岸道路」、「泉州山手線」、「近畿自動車道と歌山線」の3つの整備計画路線を考えることとした。

そして以上の路線を組合せることによって、表5-9の代替案を設定した。表5-9のうち、代替案Aは交通網整備が何も行われない案である。代替案BとCでは、鉄道または道路が整備される。さらに、代替案Dでは鉄道と道路が整備される。インパクト分析では以上の4通りの代替案について、代替案実施後の都市圏内の土地利用を予測する。

(2) インパクト分析の前提条件

本節では、インパクト分析に際して以下の前提条件をおく。

- ① インパクト分析では、交通網の整備はゾーン間時間距離の変化を通じて都市圏内の土地利用を変動させると仮定する。したがって、各代替案の実施が建設投資を通じて地域経済に及ぼす効果や、交通網整備にともなう運輸業関連の従業者数の増加は考慮しない。
- ② モデルを適用する際には、前節のシミュレーション分析と同様に昭和48年を予測期間の期首として20年後の昭和68年の土地利用を予測する。そして、この間の従業者数と人口のコントロールトータルは、昭和43年～48年のトレンドが昭和68年までそのまま続くものと仮定して外生的に与える。
- ③ 各代替案は、昭和48年～53年の最初の5年間に実施されるものと仮定する。
- ④ 各代替案によるインパクトの比較は、交通網整備を行わない代替案Aによる予測結果を比較の基準として、各代替案による予測値と代替案Aによる予測値との

表5-7 鉄道整備計画路線

路線番号	整備計画路線	整備区間
RA-1	大阪外環状線	関西国際空港～城東貨物線 ～新大阪駅
RA-2	阪和線の新大阪駅への 直通化	湊町駅～なにわ筋（地下化） ～大阪駅～新大阪駅

注) 図5-14参照。

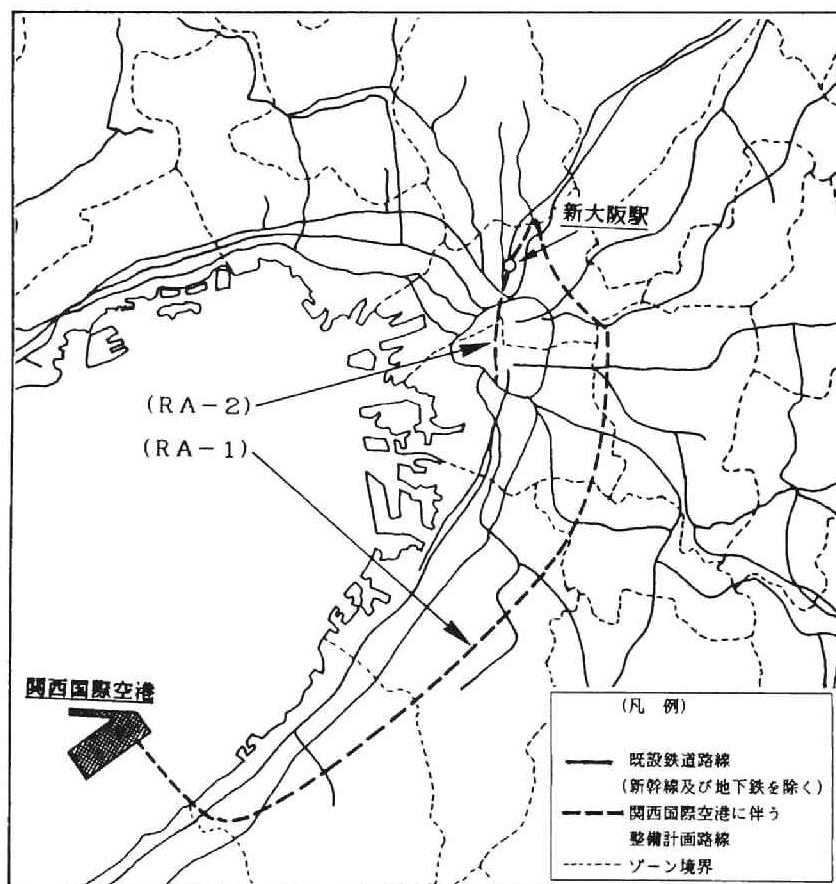


図5-14 鉄道整備計画路線

表5-8 道路整備計画路線

路線番号	整備計画路線	整備区間
RO-1	大阪湾岸道路(大阪市以南)	弁天町～泉南市 ～阪南IC (阪和自動車道)
RO-2	泉州山手線	
RO-3	近畿自動車道和歌山線	東大阪市～堺南 ～阪南IC

注) 図5-15参照。



図5-15 道路整備計画路線

表5-9 インパクト分析の対象とする代替案

代替案		交通網の整備内容				
		鉄道路線		道路路線		
		RA-1	RA-2	RO-1	RO-2	RO-3
A	整備なし					
B	鉄道整備	○	○			
C	道路整備			○	○	○
D	鉄道・道路整備	○	○	○	○	○

注) ○ …… 整備対象路線。

差にもとづいて行う。また、予測結果は、本章第3節の表5-6にもとづいて、「非サービス業」、「非小売サービス業」、「小売サービス業」、「人口」の4種類に集計したうえで考察する。

5-4-3 土地利用のマクロモデルの適用結果と考察

(1) 交通網整備によるゾーン間時間距離の変化

ここでは、シミュレーション分析に先立って、各代替案の実施によるゾーン間の時間距離の変化を分析する。

代替案実施後のゾーン間時間距離は、第3章と同様の方法によって測定した。ただし、新設される各路線については、供用開始後の駅やインターチェンジの位置を正確に知ることができなかつたので、各ゾーン中心から各路線に最短の直線距離でアクセスできるものと仮定した。図5-16と図5-17に、表5-9の代替案のうち、代替案Bと代替案C実施後のゾーン間時間距離の変化を示す。代替案Bでは図5-14の鉄道路線が整備され、代替案Cでは図5-15の道路路線が整備される。また、各図では、次の式(5-3)で定義される都市圏内の各ゾーンへの平均時間距離の変化を示している。

$$\Delta T_i^P = \frac{1}{J} \left\{ \sum_j T_{ij}^P - \sum_j T_{ij}^O \right\} \quad (5-3)$$

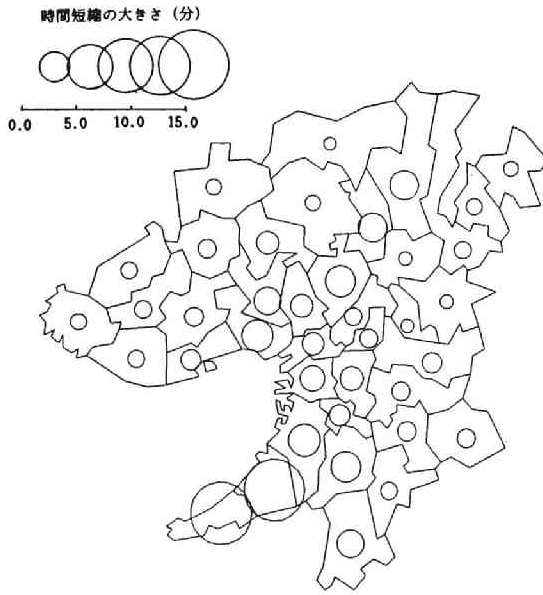


図5-16 代替案Bの実施による
ゾーン間時間距離の変化
(鉄道整備が行われた場合)

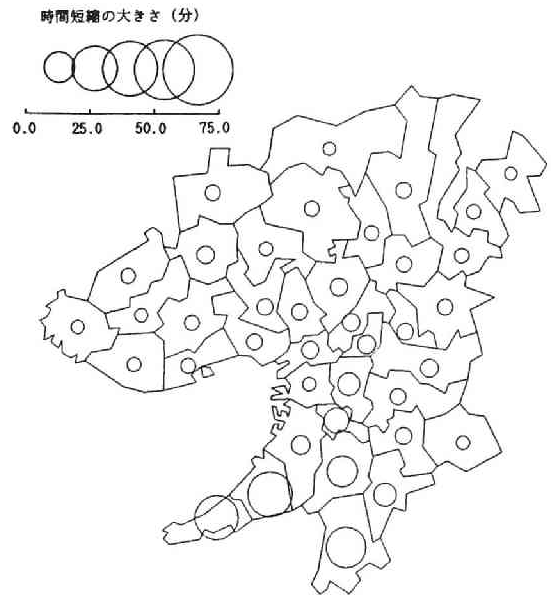


図5-17 代替案Cの実施による
ゾーン間時間距離の変化
(道路整備が行われた場合)

ここに、

ΔT_i^p : 代替案 p の実施によるゾーン i から他ゾーンへの
平均時間距離の変化

T_{ij}^p : 代替案 p 実施後のゾーン ij 間の時間距離

T_{ij}^0 : 代替案 p 実施前のゾーン ij 間の時間距離

J : 都市圏内のゾーン数 (ここでは39ゾーン)

図5-16と図5-17をみると、交通網整備による時間距離の短縮は大阪市以南のゾーンで大きく、それ以外のゾーンでは時間距離の短縮にあまり差異がみられない。また、図5-16と図5-17を比較すると、鉄道が整備される場合は、大阪市北部から京都市にかけてのゾーンで、周辺ゾーンよりも時間距離が短縮されている。道路整備に関しては、大阪市以南のゾーン以外は、時間距離の短縮にほとんど差異が見られない。これは、鉄道網は道路網に比べて既存の路線数が少ないため、時間距離の変化が道路整備の場合よりも広い範囲で生じたものと考えられる。

(2) 各代替案の実施による土地利用の予測結果と考察

図5-18～20に、土地利用のマクロモデルによる都市圏内の従業者数、人口の予測結果を示す。各図の予測結果は、交通網整備が行われない代替案Aの予測結果との差を表わしている。

これらの図によると、各代替案とも大阪府泉南地域と都市圏の東部および南部のゾーンを中心として各活動の立地量が増加している。また、都市圏北部のゾーンでも立地が促進されている。一方、大阪市、神戸市、京都市などの大都市の都心とその周辺部では、活動立地が代替案Aよりも減少しているゾーンが多い。これは、泉州地域をはじめとして、他のゾーンの交通利便性が向上した結果、これらのゾーンの都市圏内における交通利便性が相対的に低下したことが原因と考えられる。

また、図5-18～20の各図を比較すると、代替案による活動立地の増減傾向の差異はあまり見られない。僅かに図5-18(1)と(2)において、大阪市北半部とその周辺のゾーンで、非サービス業と非小売サービス業の立地が促進されている点が他の代替案とは異なる特徴である。

次に、図5-21に示す5つのゾーンをとりあげ、各代替案による活動立地の差異を比較する。ここでは、式(5-1)にもとづいて、予測結果を比較する際の指標を次の式(5-4)で定義した。式(5-4)は、各代替案による予測結果の代替案Aからの変動率を表わしている。

$$\left\{ \left(\frac{X_i^p}{X_{ct}} \right) - \left(\frac{X_i^A}{X_{ct}} \right) \right\} \times 100 \quad (\%) \quad (5-4)$$

ここに、

X：土地利用の予測値(たとえば、人口、従業者数など)

i：ゾーンiの予測値であることを表わす

ct：対象地域全域(すなわち(CA + IS + OS))の合計値であることを表わす

p：代替案(B, C, Dのいずれかの案)

A：代替案Aによる予測値であることを表わす

図5-22に、各ゾーンの従業者数と人口の代替案Aからの変動率を示す。代替案の実施によるインパクトは、泉州地域に位置するゾーン6では大きい。他のゾーンではあまり大きくない。また、ゾーン3, 4, 16, 24の各ゾーンでは、代替案間のインパクトの差異も小さい。

(1) 非サービス業従業者数

(2) 非小売サービス業従業者数

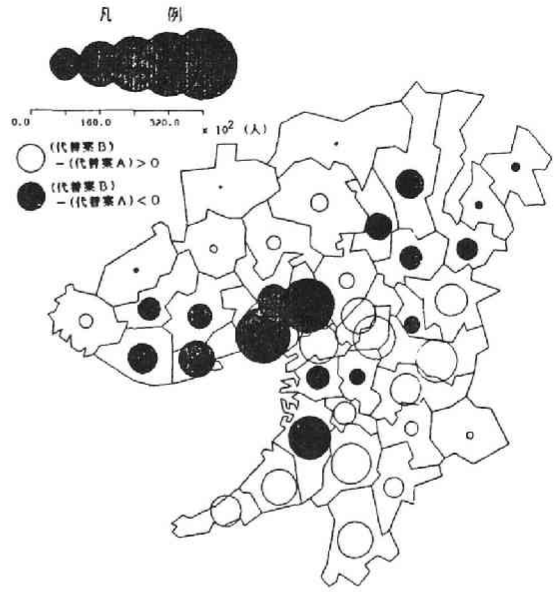
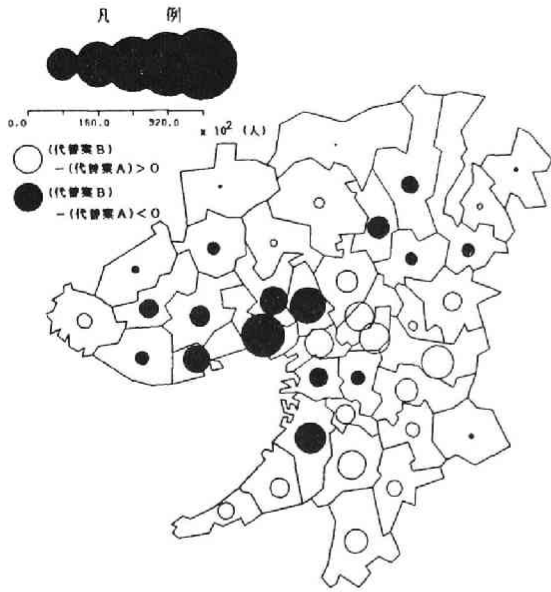
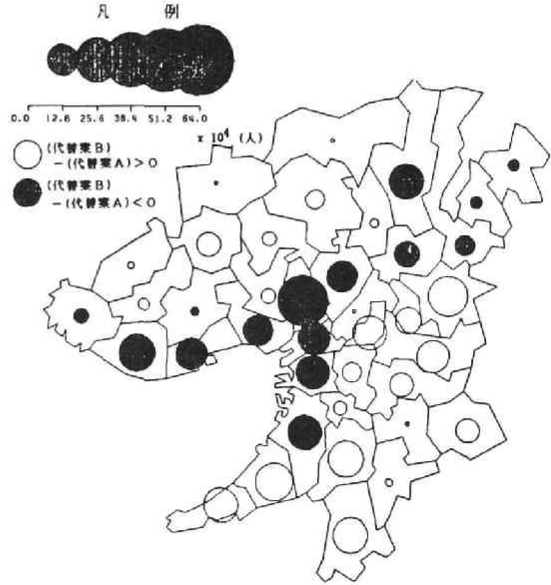
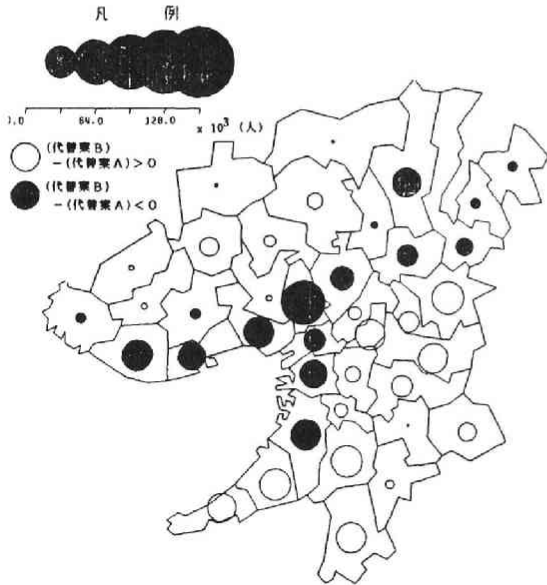


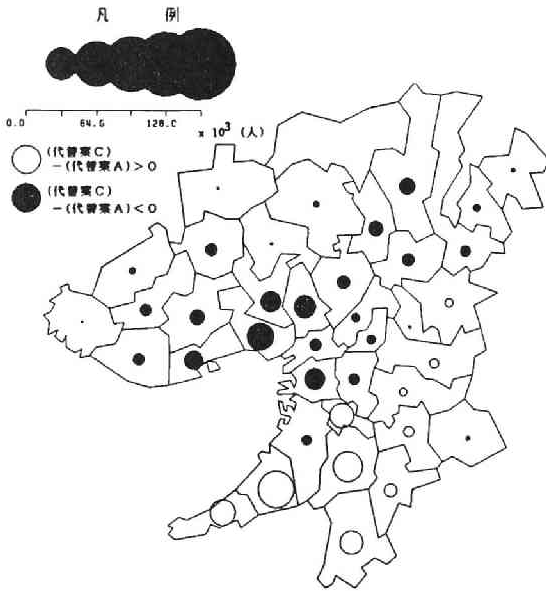
図5-18 代替案Bと代替案Aの予測値の比較

(3) 小売サービス業従業者数

(4) 人口



(1) 非サービス業従業者数



(2) 非小売サービス業従業者数

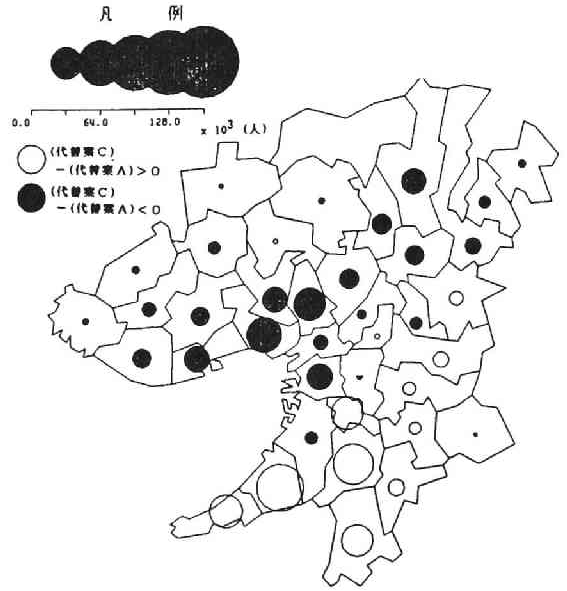
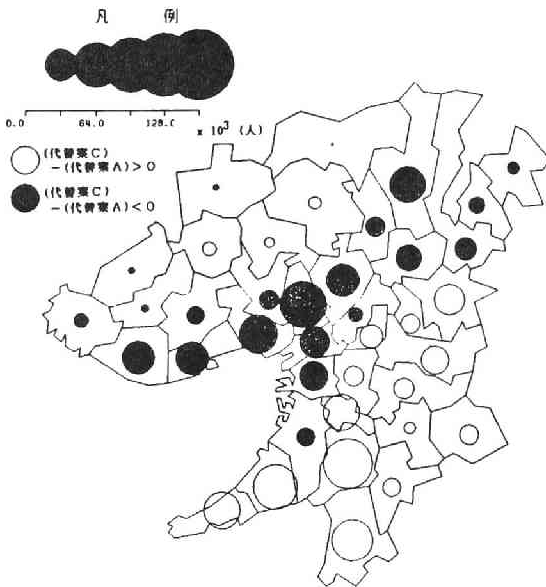
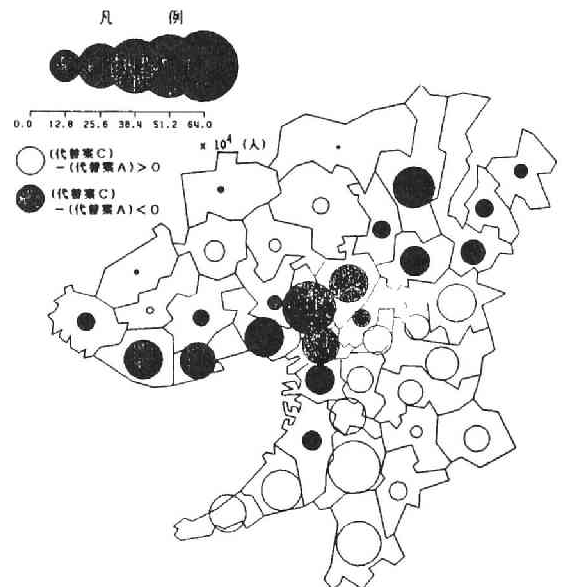


図5-19 代替案Cと代替案Aの予測値の比較

(3) 小売サービス業従業者数



(4) 人口



(1) 非サービス業従業者数

(2) 非小売サービス業従業者数

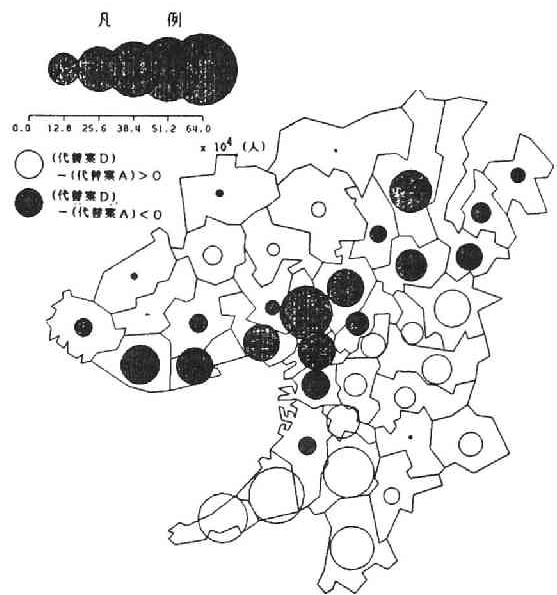
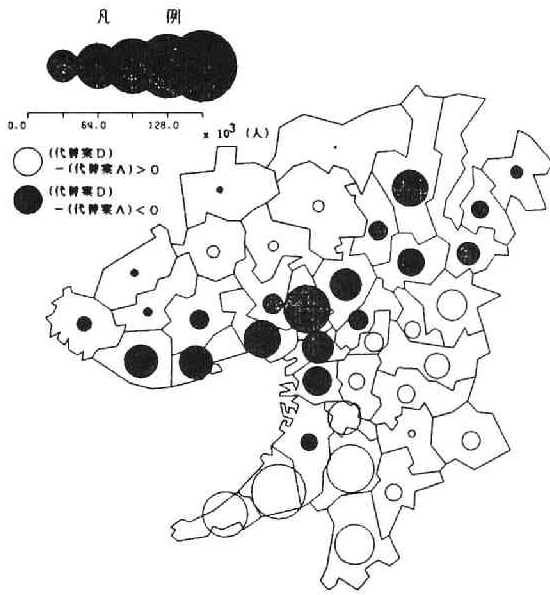
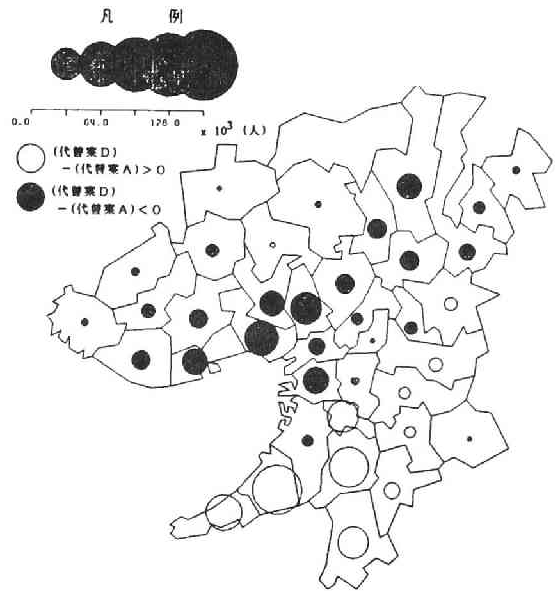
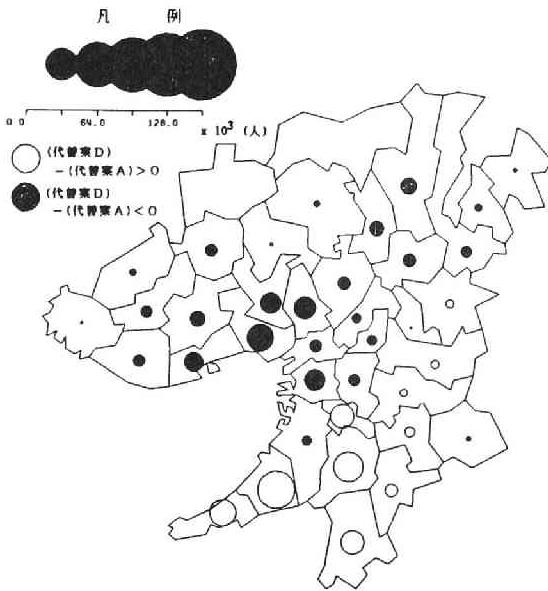
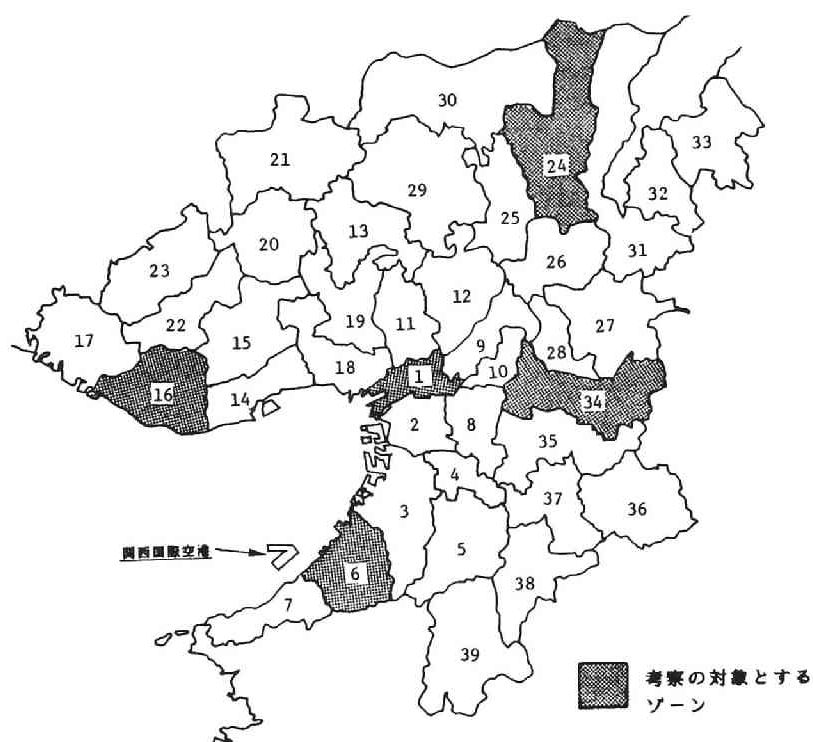


図5-20 代替案Dと代替案Aの予測値の比較

(3) 小売サービス業従業者数

(4) 人口





各ゾーンに含まれる市区町村

ゾーン No	市区町村数	市区町村名
1	12	北区, 都島区, 福島区, 此花区, 東区, 大淀区, 西淀川区, 東淀川区, 旭区, 城東区, 淀川区, 鶴見区
6	5	岸和田市, 貝塚市, 泉佐野市, 熊取町, 田尻町
16	2	垂水区, 明石市
24	6	北区, 上京区, 左京区, 中京区, 東山区, 下京区
34	2	奈良市, 生駒市

図5-21 考察の対象とするゾーンの位置

さらに、ゾーン6における予測結果を活動別に比較すると、非サービス業と非小売サービス業については、代替案Cと代替案Dの差異が小さい。これらの活動に属する業種のモデル式では、自動車利用を仮定したアクセシビリティ指標が用いられており、道路整備の有無によって予測結果に大きな差異が生じたものと思われる。一方、小売サービス業と人口では、鉄道整備と道路整備のインパクトの差異は上述の2つの活動

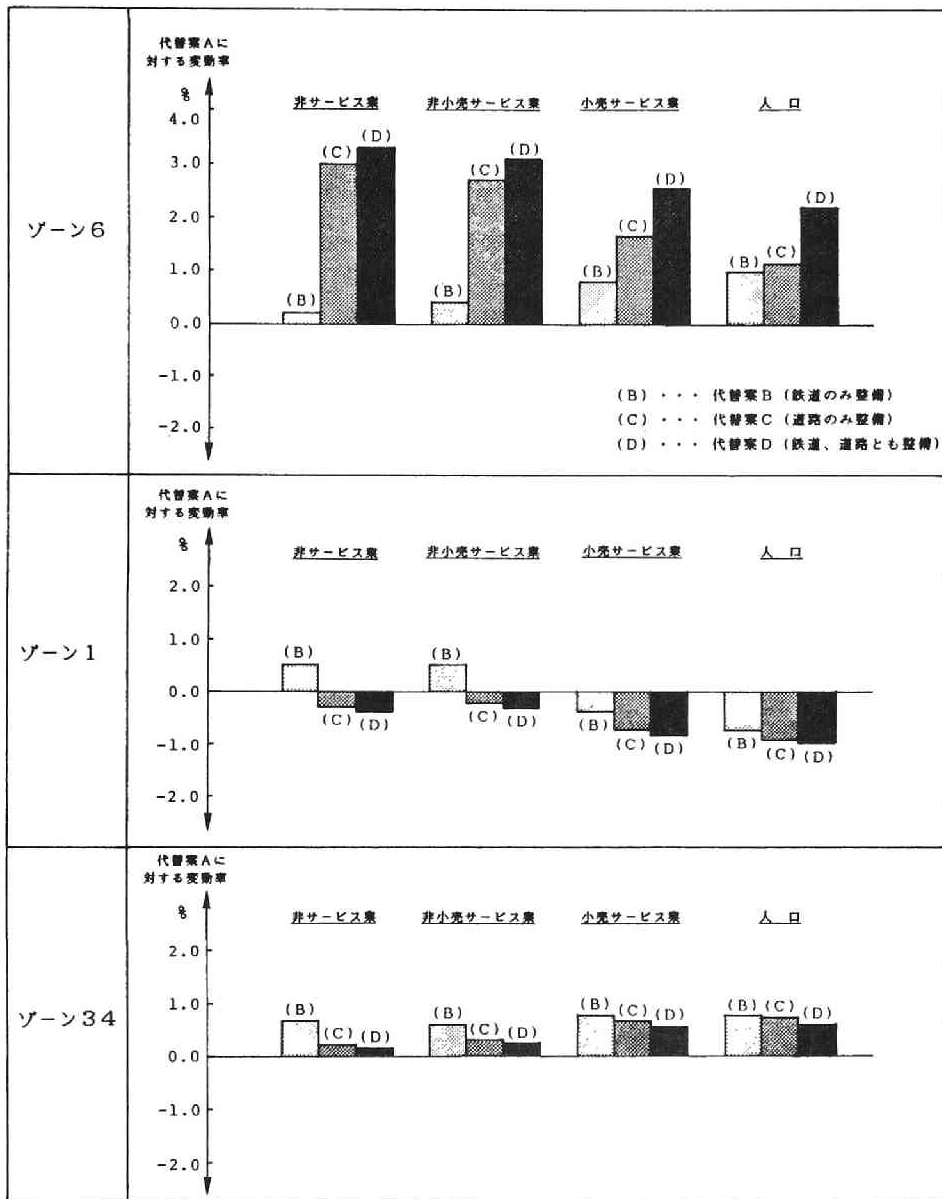


図5-22 主要なゾーンにおける従業者数、人口の代替案Aに対する変動率

ほどは顕著でない。これは、土地利用のマクロモデルでは、工業→人口→業務・商業→人口・・・という立地序列が設定されており、非サービス業と非小売サービス業の従業者数増加によって、小売サービス業と人口の増加が促進されたためと考えられる。

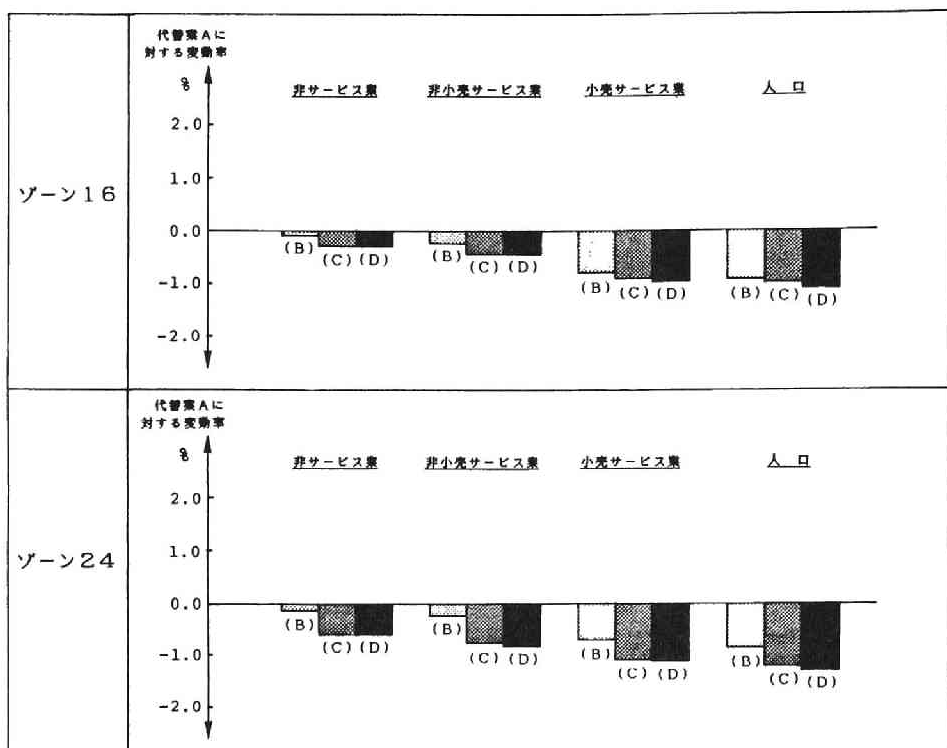


図5-22 主要なゾーンにおける従業者数、人口の代替案Aに対する変動率（続き）

5-4-4 土地利用のミクロモデルの適用結果と考察

次に、土地利用のミクロモデルを適用し、各代替案実施後の生活圏ゾーンの土地利用を予測した。以下では、分析結果のうち、住宅地面積の予測結果について説明する。図5-23～25に、代替案B、C、Dの各案に対する予測結果と代替案Aに対する予測結果との差を示す。これらの図では、各生活圏ゾーンを代替案Aに比較して住宅地面積が増加したゾーンと減少したゾーンに区別して、住宅地面積の変動量を示している。

以下に、予測結果に対する考察をまとめる。

- ① 代替案B、C、Dともに、大阪府南部で住宅地面積の大きな増加がみられるのに対し大阪府北部のゾーンでは住宅地面積の減少がみられる。しかし、大阪府北部での住宅地面積の減少量は、南部での住宅地面積の増加量に比べると小さい。

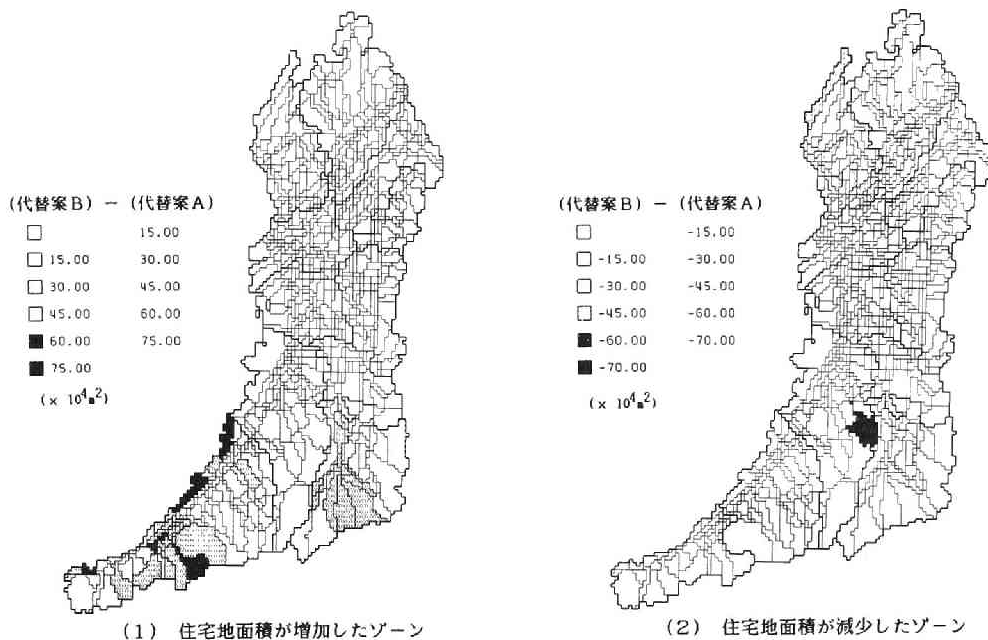


図5-23 代替案Bと代替案Aの住宅地面積予測値の比較

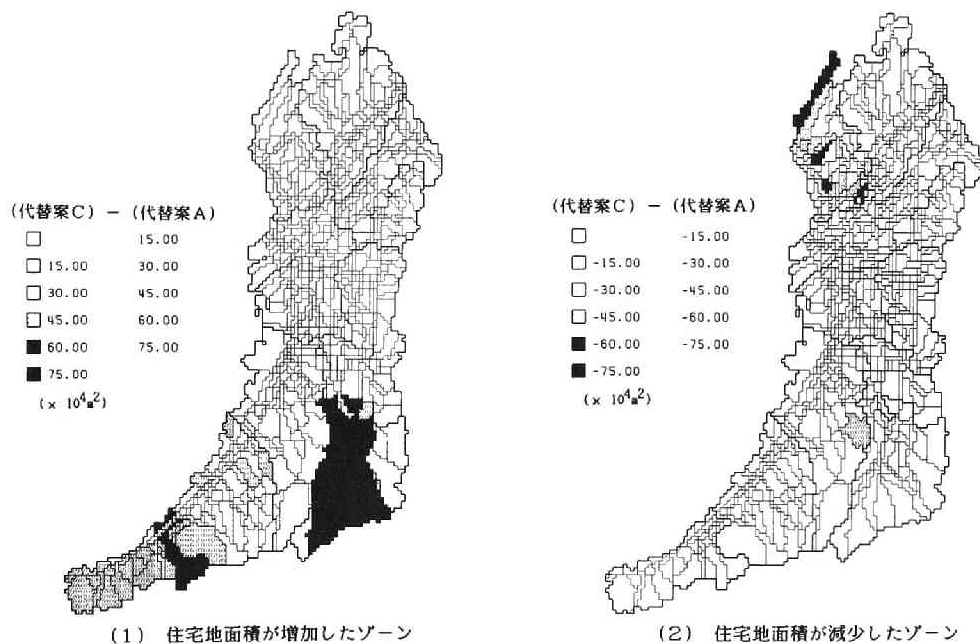


図5-24 代替案Cと代替案Aの住宅地面積予測値の比較

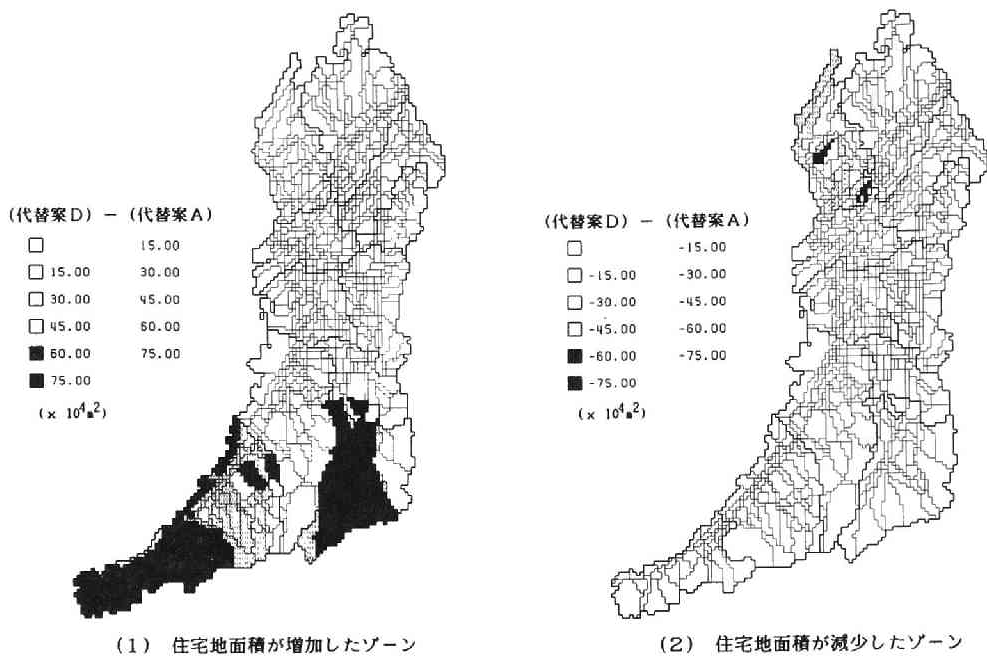


図5-25 代替案Dと代替案Aの住宅地面積予測値の比較

- ② 大阪府南部の住宅地面積の変動量を代替案間で比較すると、代替案D、C、Bの順に変動量が大きいの。代替案Dは鉄道、道路ともに整備される案、代替案Cは道路のみが整備される案、そして代替案Bは鉄道のみが整備される案である。したがって、本モデルの予測結果によれば、住宅地面積の変動には道路整備の有無が鉄道整備の有無よりも大きな影響を与えるといえる。これは、道路整備は工業や業務・商業の立地を促進させ、その従業者数の居住を通じて住宅地面積を増加させるためであると考えられる。
- ③ 大阪府南部地域の住宅地面積の増加は、道路や鉄道に近く交通利便性の高いゾーンほど大きな増加を示している。これは住宅地のつけ値形成要因として「通勤のアクセシビリティ」、「最寄駅までの距離」などの交通利便性に関する要因が用いられており、交通網に近く利便性の高いゾーンほど、住宅の立地選好が大きく推計された結果と考えられる。

5-5 結 語

本章では、第4章と第5章で構築した土地利用のマクロモデルとミクロモデルを階層的土地利用モデル HILUMとして構成し、シミュレーション分析への適用を検討した。本章で行った分析の内容は、いずれも交通条件の変化に関するものである。

まず5-3節では、都市圏全域で交通機関の速度が変化する場合の土地利用へのインパクトを分析した。本分析によって、交通機関の速度の変化と土地利用との関係について以下の結果が得られた。

- ① 予測結果では、交通機関の速度が上昇すると、郊外での活動立地が都心部よりも促進され、交通機関の速度が低下すると、都心部での活動立地が郊外部よりも促進される傾向がみられた。これは、交通機関の速度が上昇する場合、郊外部の交通利便性が都心部に比べて相対的に向上し、逆に速度が低下する場合は、都心部の交通利便性が郊外部に比べて相対的に向上することによるものと考えられる。
- ② 本分析の結果によると、交通機関の速度変化の大きさは、都市圏内の活動立地の増減傾向の分布にはあまり影響を与えていない。交通機関の速度が大きくなるにつれて各ゾーンの活動立地の変動量は大きくなるが、活動立地の増減傾向が異なるゾーンの分布は速度の変化にかかわらずほぼ一定であった。
- ③ 土地利用のミクロモデルによる予測結果によると、中ゾーン単位では人口の増加が予測されているゾーンでも、住宅地面積が減少している生活圏ゾーンが見られた。逆に、土地利用のマクロモデルで人口の減少が予測された中ゾーンでも、住宅地面積の増加が予測された生活圏ゾーンが存在した。このように、土地利用のミクロモデルは、中ゾーン内の多様な土地利用の変化を予測できることが明らかになった。

次に5-4節では、実際のプロジェクト計画に対するケーススタディとして大阪府泉州地域の交通網整備をとりあげ、種々の整備計画案の実施が都市圏内の土地利用に及ぼすインパクトを分析した。

シミュレーション分析によって、以下の結果が得られた。

- ① 土地利用のマクロモデルによる予測結果では、交通網整備によって都市圏の東部および南部のゾーンを中心として活動立地の増加がみられた。また、大阪市、神戸市、京都市などの大都市とその周辺部では、活動立地の減少が予測された。
- ② 各代替案によるインパクトの差異は、泉州地域に位置するゾーンでは大きいのが、他の地域に位置するゾーンではあまり顕著ではなかった。また、泉州地域のゾーンでは、非サービス業と非小売サービス業について、道路整備の有無が活動の立

地量に大きな影響を与えていることを指摘した。

- ③ 土地利用のマイクロモデルを適用した結果、各中ゾーン内で鉄道や道路に近く交通利便性の高い生活圏ゾーンを中心として、住宅地面積の増加が予測された。

以上の分析結果から、交通条件の変化が都市圏内の土地利用に与えるインパクトを明らかにすることができ、本研究で提案した土地利用モデルの実用性を示すことができたと考えられる。

最後に、本章での分析結果をさらに充実させるために、今後の検討課題と考えられる事項をまとめる。

- ① 本研究で提案した土地利用モデルは、都市圏内の従業者数と人口の分布、および土地利用面積を予測の対象としているが、実際の計画策定における情報としては必ずしも十分ではない。したがって、交通モデルをはじめとする種々のサブモデルを付加することによって、都市・地域計画においてより汎用性の高い土地利用モデルへと改良を加えてゆく必要がある。
- ② 土地利用モデルによる予測結果を計画策定に活用するためには、各代替案の好ましさを総合的に評価する手法の開発も必要である。計画代替案の評価手法^{13),14)}に関しては、筆者らによっていくつかの手法が開発されており、本研究で開発した土地利用モデルと接合することによって、都市・地域計画のための総合的な評価システムとして構成することも可能である。

第5章参考文献

- 1) 清水・阿部：土地利用モデルの国際比較共同研究，土木学会第18回土木計画学シンポジウム講演集，pp.155～158，1984.
- 2) 宮本・中村・清水：土地利用交通モデルの比較研究，土木計画学研究・講演集6，pp.133～140，1984.
- 3) 阿部・天野・谷口：活動立地モデルによる地域交通網整備のインパクト分析，土木学会第40回年次学術講演会講演概要集第4部，1985。（投稿中）
- 4) Amano,K.,Toda,T. and Abe,H.：A Hierarchical Urban Model and its Application to the Osaka Metropolitan Area, A paper presented to the 23rd European Congress of Regional Science Association held at Poitiers, France, 1983.
- 5) 天野・戸田・阿部：広域都市圏を対象とした階層的土地利用モデルに関する研究，土木学会第38回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.279～280，1983.
- 6) 天野・戸田・阿部：大阪都市圏土地利用モデル，土木学会第18回土木計画学シンポジウム講演集，pp.135～144，1984.
- 7) ISGLUTI Report LUT 1, 1980.
- 8) ISGLUTI Report LUT 3, 1980.
- 9) Mitchell,D.N. and Rapkin,C.：Urban Traffic:A Function of Land Use, Columbia University Press, 1954.
- 10) ISGLUTI Report LUT 4, 1983.
- 11) ISGLUTI Report LUT 18, 1982.
- 12) Amano,K.,Toda,T. and Abe,H.：Osaka Model, Results of Policy Tests, A paper presented to the 6th meeting of ISGLUTI held at Cambridge, UK, 1984.
- 13) 天野・戸田・阿部：インパクトスタディによる地域交通網計画の評価手法とその応用，地域学研究第11巻，pp.37～57，1980.
- 14) 天野・戸田・阿部・中川：多基準分析に基づく計画代替案の評価に関する基礎的研究，土木学会論文報告集第307号，pp.71～84，1981.

第6章 結 論

本研究では、都市・地域計画を支援するための実用的な土地利用モデルの開発を目的として、土地利用のマクロモデルとミクロモデルという2種類の土地利用モデルを構築し、シミュレーション分析を通じてモデルの有効性を検討した。

まず、第2章では、土地利用モデル開発に関連する種々の基礎的考察を行うとともに、本研究で構築する土地利用モデルの特徴を述べた。次に、第3章では、広域な都市圏を対象として、都市圏内の土地利用を2、3の市区町村を統合したゾーン単位で予測する土地利用のマクロモデルを構築するとともに、大阪都市圏を対象とするケーススタディを行った。第4章では、都市内の日常生活圏程度のゾーンを対象として土地利用を予測する土地利用のミクロモデルを構築し、大阪府域を対象とするケーススタディを行った。そして、第5章では、土地利用のマクロモデルとミクロモデルを交通条件の変化に関するシミュレーション分析に適用し、各モデルの都市・地域計画における実用性を検討した。

以下に、各章で得られた成果をまとめる。

『第2章：土地利用モデルに関する基礎的考察』

第2章では、土地利用モデルに関する種々の基礎的考察を行い、土地利用モデル開発の意義と課題を明らかにした。考察内容は、土地利用の形成メカニズム、土地利用モデルと関連研究、土地利用モデルと計画策定、従来の土地利用モデルの比較の諸点である。また、これらの考察結果をふまえて、本研究で構築する土地利用モデルの特徴を述べた。

第2章での成果は、次のようにまとめられる。

- ① 土地利用の形成メカニズムに関する考察から、土地利用モデルの構築においては、土地利用の形成要因と活動主体の立地行動との関連、土地市場における需給メカニズム、活動主体の立地行動や土地市場の需給メカニズムの経年的変化の3つの内容を考慮する必要があることを指摘した。
- ② 計画策定における土地利用モデルの位置づけを考察し、土地利用モデルは、システムズ・アプローチにもとづく計画策定プロセスにおいて重要な役割を果たすことを述べた。また、計画策定における土地利用モデルの用途としては、インパクト分析、問題点の認識、計画代替案の作成、計画代替案の選択の4種類の内容があることを示した。

- ③ 土地利用の形成メカニズムに関する考察にもとづいて、土地利用モデルの比較基準としては、土地市場における需給メカニズム、活動主体の立地行動基準、モデルの動学化の3点があることを指摘した。また、これらの比較基準にもとづいて、Lowry モデル、EMPIRIC モデルをはじめとする従来の代表的な土地利用モデルの特徴を考察した。そして、従来の土地利用モデルでは、上述の諸点を考慮する方向でモデルの拡張が行われているが、現段階ではすべての内容を満足するモデルは開発されていないことを述べた。

『第3章：土地利用のマクロモデルの構築』

第3章では、広域な都市圏を対象として、都市圏内の土地利用をゾーン単位のマクロな指標を用いて従業者数、人口ベースで予測する土地利用のマクロモデルを構築した。また、大阪都市圏を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を示した。第3章での成果は、次のようにまとめられる。

- ① 従来の代表的な土地利用モデルであるガリン・ローリーモデルと線形都市モデルの特徴を考察したうえで、都市圏における土地利用をマクロな指標を用いて従業者数、人口ベースで予測する土地利用モデルを開発した。

本研究で提案した土地利用のマクロモデルでは、モデルを適用する際の操作性を向上させるため、都市活動を工業、業務・商業、人口の3種類に大別し、活動間にガリン・ローリーモデルにみられる立地序列を設定して、各ゾーンの従業者数と人口を逐次的に推計する方法を採用している。また、活動立地を推計する過程では、経済基礎メカニズムにもとづく都市活動の生成関係を考慮している。さらに、従業者数と人口を推計するモデル式は線形式とし、モデルのキャリブレーションを容易にした。

- ② モデル全体は、工業従業者数推計サブモデル、業務・商業従業者数推計サブモデル、人口推計サブモデルの3つのサブモデルによって構成されている。各サブモデルでは、既存の統計データの範囲内で業種の細分化を行い、モデルを精緻化した。

- ③ 各サブモデルのモデル式は、各ゾーンにおける都市活動の立地量やアクセシビリティ指標などのマクロな指標を用いて定式化した。

まず、工業従業者数推計サブモデルでは、地域内の工業業種との入出荷に関するアクセシビリティを説明変数としてモデル式を作成した。また、業務・商業従業者数推計サブモデルでは、各ゾーンにおけるサービス対象活動の立地水準を、従業者数、人口やアクセシビリティ指標によって定量化し、モデル式の説明変数

として用いた。人口推計サブモデルでは、各ゾーンにおける人口の自然変動と社会変動に着目して、モデル式を作成した。

- ④ 大阪都市圏を対象としたケーススタディでは、各サブモデルにおけるモデル式のキャリブレーション結果はほぼ良好であり、提案したモデル式の有効性を実証することができた。
- ⑤ モデル全体の予測精度を検証した結果、各活動ともにほぼ良好な結果が得られ、土地利用のマクロモデルが将来の土地利用を予測するモデルとして有効であることを示すことができた。

『第4章：土地利用のミクロモデルの構築』

第4章では、土地利用の形成を個々の土地区画における土地取引に着目してモデル化し、将来の土地利用を土地面積ベースで予測するモデルを構築した。また、大阪府域を対象としたケーススタディを行い、モデルの有効性を示した。

第4章での成果は、次のようにまとめられる。

- ① 土地利用のミクロモデルでは、各活動主体による土地区画の取引というミクロな立地行動に着目して、土地利用の形成をモデル化する方法を提案した。また、各土地区画における既存立地主体と新規立地主体の間の土地取引の過程を、つけ値の概念を用いてシミュレートする方法を提案し、活動主体間の立地競合や既存の土地利用用途の転換をモデル中で明示的に考慮することを可能とした。
- ② つけ値は、活動別の地価分析を通じて設定する方法を提案した。その際に、各土地区画の資質に関連する多様な要因を考慮し、きめ細かな土地利用予測を可能とした。
- ③ 各活動主体によるつけ値の不確実性、用途地域制による立地活動の制限、既存の立地主体の存続立地に対する選好など、土地市場の経済メカニズムでは十分に説明できない特殊な要因についても、モデル中で明示的に考慮することを可能とした。

まず、つけ値の不確実性は、各活動主体のつけ値の分布が正規分布に従うと仮定することによって考慮した。また、用途地域制による立地制約については、各土地区画が属する用途指定に応じて、区画に立地可能な活動主体の種類を制限した。さらに、既存立地主体の存続立地に対する選好に関しては、先行立地優先値を設定し、既存の活動主体によるつけ値に先行立地優先値を加えることによって考慮した。

- ④ 大阪府域を対象としたケーススタディの結果、住宅地については良好な結果が

得られ、本モデルの予測モデルとしての有効性が示された。また、農業地に対してもほぼ良好な予測精度が得られることを示した。工業地と商業地では、土地利用面積の変化に対する予測精度は必ずしも高くなかったが、土地利用面積の増減傾向は良好に予測できることを示した。

『第5章：土地利用モデルのシミュレーション分析への適用』

第5章では、第3章と第4章で構築した土地利用のマクロモデルとマイクロモデルを適用してシミュレーション分析を行い、各モデルの都市・地域計画における実用性を検討した。シミュレーション分析は、都市圏全域における交通条件の変化に関するインパクト分析、大阪府泉州地域の交通網整備のインパクト分析の2つの内容について行った。

第5章での成果は、次のようにまとめられる。

- ① 土地利用のマクロモデルとマイクロモデルを統合することによって、階層的土地利用モデル HILUM を構成した。そして、HILUM によって、都市圏内の土地利用を中ゾーンと生活圏ゾーンという2つの異なるゾーン単位で段階的に予測することを可能とした。
- ② 都市圏全体の交通条件の変化に関するインパクト分析では、交通機関の速度が上昇すると、郊外での活動立地が都心部よりも促進され、交通機関の速度が低下すると、都心部での活動立地が郊外よりも促進されることが予測された。
また、本モデルによる予測結果によると、交通機関の速度が大きくなるにつれて各ゾーンの活動立地の変動量は大きくなるが、活動立地の増減傾向が異なるゾーンの分布は速度の変化にかかわらずほぼ一定であった。
- ③ 大阪府泉州地域の交通網整備に関するインパクト分析では、交通網整備によって都市圏の東部および南部のゾーンを中心として活動立地の増加がみられること、また、大阪市、神戸市、京都市などの大都市とその周辺部では、活動立地が減少することが予測された。
また、予測結果にもとづいて、交通網整備の代替案によるインパクトの差異をゾーン別に比較し、交通網整備によるインパクトは泉州地域に位置するゾーンで大きく、特に非サービス業と非小売サービス業については、道路整備の有無が立地量の変動と関連していることを指摘した。
- ④ 各インパクト分析によって、土地利用のマイクロモデルは、中ゾーン内の土地利用の多様な変化を予測できることを示した。

以上、本研究では、広域都市圏を対象として、都市圏内の土地利用を予測するために、土地利用のマクロモデルとミクロモデルという2種類の土地利用モデルを構築し、シミュレーション分析を通じてモデルの有効性を検討した。第3章～第5章の各章における分析結果によって、都市・地域計画に適用しうる実用的な土地利用モデルを開発するという本研究の目的は達成されたものと考えられる。

今後は、種々の計画問題への適用を通じて、実用的土地利用モデルとしての適用性をさらに検討してゆくとともに、交通モデルをはじめとする種々のサブモデルとの接合によって、都市・地域計画においてより汎用性の高い土地利用モデルへと改良を加えてゆくことが課題と考えられる。

謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究の遂行に関して、御指導、御協力いただいた方々に感謝の意を表したい。

まず、京都大学工学部天野光三教授には、本研究の遂行、並びに本論文の作成にあたって、終始、心温かな御指導と御鞭撻を賜った。ここに、深甚なる感謝の意を表します。

京都大学工学部戸田常一講師には、本研究と本論文の細部にいたるまで、数多くの御助言と御示唆をいただいたことに、深く感謝の意を表します。

また、本研究の遂行においては、京都大学都市交通工学研究室の諸兄に一方ならぬ御世話になった。

研究室での討議を通じて数多くの御助言をいただいた、明石工業高等専門学校大橋健一助教授、熊本大学工学部安藤朝夫助教授、神戸商船大学輸送科学科小谷通泰助教授、京都大学工学部中川大助手、山中英生助手に心から感謝の意を表します。

さらに、本研究における資料収集、計算作業に関しては、安井勝史氏（現在住宅・都市整備公団勤務）、縄田正氏（現在建設省勤務）、有吉知美氏（現在福岡市勤務）、瀧浪秀元氏（現在日本国有鉄道勤務）、谷口守氏（現在京都大学大学院）の各氏に御協力いただいた。これらの方々にも感謝を申し上げたい。

最後に、大阪府土木部都市整備局の方々には、本研究のために貴重な資料を提供していただいた。末尾ながら、厚く御礼を申し上げる次第である。

