

広域都市圏産業立地モデル

INDUSTRIAL LOCATION MODEL IN METROPOLITAN AREAS

宮本和明*・中村英夫**・林良嗣***

By Kazuaki MIYAMOTO, Hideo NAKAMURA and Yoshitsugu HAYASHI

1. 序 論

(1) はじめに

工業および商業業務をはじめとする産業の立地は、地域経済をはじめ住宅立地や交通発生等の地域の諸活動全般に広範な影響を及ぼすことから、その誘導および規制は、土地利用計画あるいは交通計画をはじめとする地域計画上、重要な課題である。それらの産業の立地の誘導策としては、交通施設建設や工業団地の造成等の産業基盤整備あるいはその他の行財政的優遇策等が挙げられ、また、規制策としては、用途地域指定等の法規制がとられている。しかし、従来、これらの誘導および規制策が産業立地に及ぼす効果・影響を定量的に予測する方法がほとんど提案されていなかったことから、計画代替案の産業立地に及ぼす影響の比較評価が困難であった。そこで本研究は各種の条件下における産業立地を予測するモデルを構築することにより、土地利用計画や交通計画あるいは各種基盤整備計画の比較評価に資することを目的とするものである。なお、本研究においては、首都圏をはじめとする広域都市圏が対象地域であり、また、地域全域における将来の産業活動量のフレームワークは所与として、その地域内の空間分布のみを予測するものである。その際、与えられた経済活動量をもとに地域内の立地需要量を算出するが、その過程においては、現況比率あるいはシナリオに基づく比率を用いる。おもにモデル化を行っているのは、このように求められる立地需要を地域内に配分する部分である。なお、分析の基本単位は市区町村をとっており、また、予測期間としては10年程度の中期を想定している。

(2) 産業分類とモデル化の基本的考え方

産業立地のモデル化に先立ち、立地行動をもとに産業を分類しておく必要がある。

まず、立地場所が相対的に限定的な業種を計画立地型産業と名づけ、先決的に立地するものとして別扱いにしている。すなわち、この種の産業とは、資源的にも社会環境的にも立地条件がきわめて厳しく、しかも立地件数が比較的少ないものであり、水産業、鉱業、臨海装置型工業の現業部門や専門教育機関、基幹運輸施設、レクリエーション施設等がこれにあたる。これらの立地計画は10年程度の中期においてはすでに決定されていることが多く、予測の対象から除外できると考えられる。また、たとえ未定の場合であっても、その立地可能地が限定されることから、将来予測においてはいくつかの代替案として扱うことが可能である。また、農・林業に関しては、都市圏においては新たな立地はなく都市型の土地利用に用地を供給するのみであると考えられることから、他の産業および住宅の立地に依存して受動的に決められる。以上から、本研究においてモデル化を行う産業は、計画立地型を除く製造業、建設業、およびいわゆる第3次産業である。

製造業は、工場等の現業部門と本社をはじめとする管理業務に大別し、前者の立地を工業立地とよぶことにする。工業立地においては、立地可能な用地の制約が厳しいことから、入手可能な有限個の用地間の相対比較のもとで立地点が決定される。そのため、企業の立地選好行動分析に基づいた予測が必要であることから、それに合わせた業種分類を行う。

第3次産業の立地は、本研究での地域単位の大きさでは、用地取得に厳しい制限を受けることは少なく、他の諸活動との、いわばサービスに対する需要量と供給量の均衡関係に依存すると考えられる。このような均衡関係を表現するためにはマイクロなアプローチよりも、それを

* 正会員 工博 東京大学講師 工学部土木工学科

** 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部土木工学科

踏まえた集計型のマクロな分析による予測が適していると考えられる。このような立地行動による分類を行うとき、建設業は現業部門を除いて業務活動とみなせることから第3次産業と同じ分類としている。また、製造業の本社をはじめとする管理業務は、ほぼ卸売業と同様の業務を行っている。そのため、これらの立地を総称して、商業業務立地とよぶ。この商業業務立地においても、業種により諸活動との依存関係に違いがあることから、さらに分類しておく必要がある。

以上の考え方をもとに産業分類を行った結果を表1に示す。立地モデルは立地パターンに従ってモデル化する必要があることから、産業立地モデルは、上記の分類に従って、工業立地と商業業務立地の2つのモデルを中心に構成される。工業立地モデルは、企業の立地選好に基づき、与えられた工業団地あるいは団地化されていない一般の工業用地にどのように工業立地がなされるかを、立地面積を指標に予測するモデルである。また、商業業務立地モデルは、市区町村レベルのゾーン単位の従業者数を、他活動の分布や同業種との競合関係をもとに予測するモデルである。商業業務立地モデルで従業者数を指標に用いるのは、データ入手の便のみならず、販売額や床面積等の他の指標との相関が最も安定しているからである¹⁾。

表1 産業分類と立地モデル

大分類	産業分類	立地配分方法	フレームワーク
計画立地型産業	水産業 鉱業	先決立地	計画値
	化学・石油・一次金属* 専門教育 基幹運輸 レクリエーション 大規模商業センター		
受動的立地産業	農業 林業	他の立地モデルの結果より	従業者数
工業	食料品* 繊維・その他* 紙パ・窯業・土石* 金属・一般機械、輸送機械* 電気・精密機械*	工業立地モデル	各生産額 (従業者数)
	製造業管理業務 小売商業 卸売商業 金融・保険業 不動産業 運輸通信業 電力・ガス・水道業 サービス業 公務 建設	商業業務立地モデル	各従業者数

* 本社等の管理業務を除く。

2. 既存の関連研究

(1) 工業立地関連研究

工業立地に関する研究は、経済地理学における立地選好の理論的な研究および調査が主であり、計量的な予測方法に関する研究はほとんどない。

経済地理学における立地選好理論は、ウェーバー²⁾による、生産費用に直接関係する立地因子のみを問題にした「生産費用最小化立地論」、フーヴァー³⁾を中心とする、市場と工場との相互依存関係をも取り入れた「隣接市場立地論」、グリーンハット⁴⁾による、総収入と総支出の差をもとにした「利潤最大化理論」と発展してきた⁵⁾。

これらの理論は主として工業立地因子に関する分析を行っており、立地因子を業種による差異の有無に基づいて特殊的立地因子と一般的立地因子に大別している。たとえば、ウェーバーは輸送条件、労働条件、用地費条件を一般的因子、用水条件、自然条件等を特殊的因子としている。この場合、輸送条件に関しては、各業種の輸送費によって距離に重みづけすることにより一般的立地因子としての扱いをしているが、このような方法による一般化が、他の特殊的因子とされている条件についても同様に適用し得ると考えられる。また、ウェーバーは以上のほかに集積条件、フーヴァーは制度的要素を立地因子と考えている。しかし、これらの理論は、部分的には数量的な取り扱いをしているものの、立地選好の程度を表わす総合評価指標を計量化する分析は行ってはいない。

一方、以上の理論に基礎をおいた計量モデルとしては、高速道路の産業開発効果の事前予測のためのポテンシャル分析や、工業配置計画のための線形計画法によるモデル⁶⁾等がみられる。しかし、それらは、実証的に企業立地と立地因子の間に量的な対応がとられているとはいいがたい。

(2) 商業業務立地関連研究

商業業務立地関連の研究の大半は小売商業の立地に関するものである。しかし、現在の都市域下において、従業者数および用地面積からみて大きな比率を占める業務活動については、業種別の立地量を市区町村程度のゾーン単位で求める研究はほとんどみられない。小売商業立地に関する研究は、Reilly⁷⁾やHaff⁸⁾に代表される商圏の設定に関する研究、個別の小売店舗の立地に関する研究⁹⁾、および、商業立地規模に関する研究に大別することができる。これらのすべてにおいて、商業業務立地は居住人口および他の産業に依存するという考え方は共通している。すなわち、これらの研究は、この依存関

係に基づいて、商圏や立地規模を推定しようとするものである。

商業業務活動の立地規模を求める計量的な方法としては、集計型と非集計型に大別できる。

集計型の研究としては、単純な原単位法をはじめ、程度の差こそあれ理論的な構造に基づく各種の統計モデルが挙げられる。その例としては、ローリーモデル¹⁰⁾における retail 部門のモデル化、EMPIRIC モデル¹¹⁾や浅野モデル¹²⁾等が挙げられる。ローリーモデルにおいてはポテンシャル関数を導入しているが、実際の立地量との対応は不明確なまま残されている。EMPIRIC モデルを改良した浅野モデルにおいては、立地量とそれを規定する要因との関係の詳細な検討を行い、モデル化の考え方自体は非常によく整理されている。しかし、式の構造および推定結果は必ずしも満足できるものではない。

一方、非集計型の研究は、立地者の行動原理に基づいた研究として、その発展可能性を有している。しかし、現在のところ、データの制約からモデルの検証が困難であることや、予測において、非集計型モデルに共通するものであるが、集計化の問題が残されている。これに属する研究としては、熊谷¹³⁾、Niedercom と Bechdolt¹⁴⁾らによる研究が挙げられる。

3. 産業立地モデルの全体構成

(1) 産業活動量のフレームワーク

a) マクロ経済モデル

広域都市圏全域における産業活動量のフレームワークは、図-1 に概略フロー図を示すマクロ経済モデルにより、産業立地モデルに対して外生的に与えられる。このモデルは参考文献 15) をもとに、本分析に用いるために修正したものである。

マクロ経済モデルは、全国地域別の政府投資、常住人口、輸出を外生条件として、全国地域間の産業連関関係をもとに、対象とする広域都市圏（本研究においては首都圏1都3県）における産業活動量を表-2の業種分類に基づいて予測するものである。モデル

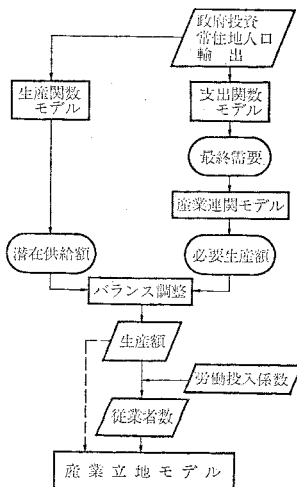


図-1 マクロ経済モデルの概略図

表-2 マクロ経済モデルの産業分類

産業・業種		産業・業種	
1	農 林・水 産	14	金 属 製 品
2	石 炭・亜 炭	15	一 般 機 械
3	鉱業（除石炭・亜炭）	16	電 気 機 械
4	食 料 品	17	輸 送 機 械
5	織 雑	18	精 密 機 械
6	製 材・木 製品	19	そ の 他 製 造 業
7	パ ル プ・紙	20	建 設
8	皮 革・ゴム製品	21	電 気・ガ ス
9	化 学	22	商 業
10	石 油・石炭製品	23	{ 金 融 } 融 資
11	窯 業・土石製品	24	{ 不 動 産 } サ ー ビ ス
12	鉄 鋼	24	運 輸
13	非 鉄	25	分 類 不 明

の概要を説明すると、まず、支出関数モデルから与えられる地域別の最終需要をもとに、地域間産業連関モデルにより需要側からみた必要生産額が求められる。一方、生産関数モデルにより、地域別の潜在供給可能生産額が求められる。この両者のバランス調整した結果、対象とする広域都市圏の生産額の予測値が求められる。さらに、生産額に労働投入係数（生産額/従業員数）の逆数を乗ずることにより、従業員数を求めることができる。なお、実際には、複雑な推定計算や調整計算を行うが、その詳細は省略する。

b) 産業立地モデルのフレームワーク

マクロ経済モデルからは、表-2のごとく分類された業種について生産額と従業員数が求められる。しかし、この分類は表-1の分類とは対応しないことから、以下のようにこれを統合ないし分割する。

(i) 工業関係

生産額に関しては、表-2の製造業各業種の生産額を表-1の分類に統合することにより求められ、これが工業立地モデルのフレームワークとなる。従業員数に関しては、管理業務従業員の全製造業従業員に対する現況比率あるいはシナリオにおいて想定される比率を与えることにより、現業部門の従業員と分離する。そして、現業部門の従業員数は、工業立地モデルにより与えられる立地面積に応じて配分される。

(ii) 商業業務関係

製造業の管理業務従業員数は、上述のように求めることができる。第3次産業に関しては、表-2の産業分類により求められている従業員数を、現況の業種別従業員構成をもとに表-1の分類に分解する。

以上から、産業立地モデルのフレームワークは表-1のように与えられる。

(2) モデルの全体構成

産業立地モデルの全体構成を図-2に示す。モデルで考慮できる政策変数としては、交通施設の建設あるいは改良による交通所要時間の変化、工業団地の造成および

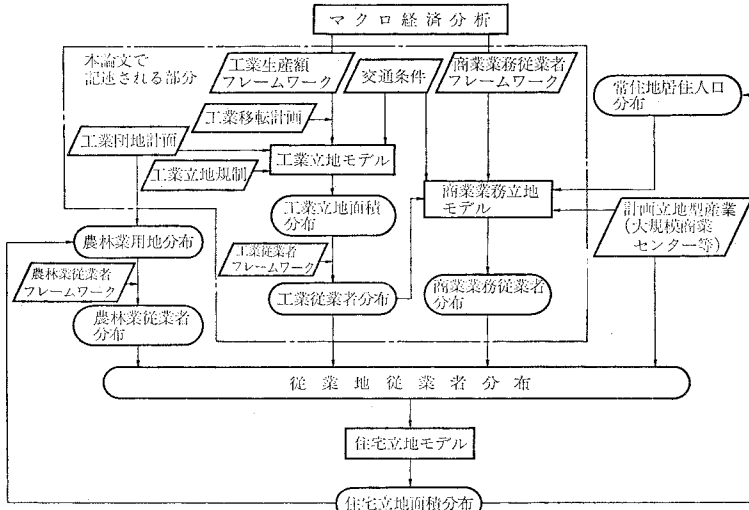
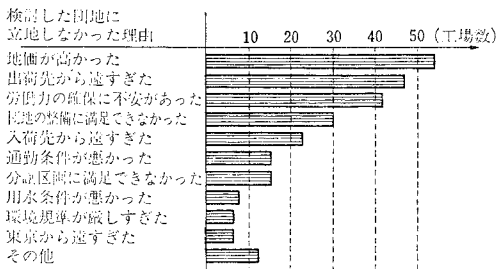


図-2 産業立地モデルの全体構成

それに伴う優遇規制策、工業立地政策あるいは用途地域指定に基づく立地規制、そして、大規模商業センターの誘致等である。全体モデルは、先に示したフレームワークをこれらの政策変数に基づく立地条件下で広域都市圏に配分するモデルであり、最終的には、従業員従業員分布を求めることができる。なお従業員従業員分布をもとに、住宅立地需要の一部が求められ、それは住宅立地モデル¹⁰⁾の配分対象となるものであり、また、逆に商業業務立地は 常住地居住人口の分布に影響を受けることから、必要に応じて、住宅立地モデルと商業業務立地モデルの繰り返し計算を行う。

なお、産業立地予測の結果は、敷地当たりの生産額や従業員数等をはじめとするいくつかのパラメーターあるいは原単位に影響を受けるが、これらのうちのいくつかはモデルによる予測は困難であり、シナリオをもとに値を設定せざるを得ないものがある。そのため、これらのパラメーターに対する感度分析は、分析段階において重要な過程となる。その感度分析を容易にし、かつまた多くの代替計画についてのシミュレーションを容易にするため、これらを支援するマンマシン対話型の計算支援シ



(回答工場数 112, 複数回答により総数は一致しない)

図-3 立地した団地と検討した団地の比較検討項目

ステム¹⁰⁾を整備している。言い換えると、本モデルはすべての将来予測を行えるものではなく、あるシナリオのもとに、先に示した政策変数の効果分析、たとえば、with, without の比較分析を行うためのものである。

4. 工業立地のモデル化

(1) 工業立地調査

工業立地選好分析に先立ち、その基礎資料の収集のため、関東地方の工業団地に立地している工場に対して、郵送および訪問による調査¹¹⁾を実施した。調査内容は、

用地条件、工場の入出荷先をはじめとする個別事情、および、立地検討対象団地とそこに立地しなかった理由等である。立地時の用地検討の経緯は、検討対象団地と実際の立地団地との比較を通して、工場の立地選好を分析するためのものである。なお、配布数は 1167、そのうち有効回答数は 508 であった。なお、郵送による配布においては地域および業種については偏りなく抽出し、また、回答においても特に偏りはなかった。

調査結果の単純集計の一例を図-3に示すが、これは立地した団地と立地の検討は行ったが立地しなかった団地との比較項目を集計したものである。この図-3からみると、地価、出荷先条件、労働力条件等が重視されていることがわかる。なお、労働力条件には、移転立地の場合において現有労働力を確保するための条件も含まれている。

(2) 工業立地選好分析

a) 分析の考え方

工業立地分析に関する基本的な考え方は以下のとおりである。企業は工場の立地に際して、いくつかの工業団地を比較検討する。そして、その中で、各種の工業立地因子に基づく総合評価が最も高い工業団地に立地すると考えられる。この総合評価の指標を立地選好指数とよぶことにするが、それは企業が工業団地につける点数と考えることができる。すなわち、企業(立地工場) i にとつての工業団地 l における立地条件として、 n 個の立地因子の状態 $X_l^i = (x_1 x_l^i, x_2 x_l^i, \dots, x_n x_l^i)$ を考えるとすると、立地選好指数 α_l^i は、

$$\alpha_l^i = f(X_l^i) \dots \dots \dots (1)$$

と表わすことができる。

一方、アンケート調査から得られるデータは、各工場の立地の際に検討対象となった各工業団地における立地、非立地に関するものである。そこで、企業 i の立地した工業団地 l と立地しなかった工業団地 m に対する立地選好指数の関係は、すべての非立地工業団地 m に対して、

$$\alpha_l^i \geq \alpha_m^i \dots \dots \dots (2)$$

すなわち、立地選好指数差 $\Delta\alpha_{lm}^i$ について

$$\Delta\alpha_{lm}^i = \alpha_l^i - \alpha_m^i \geq 0 \dots \dots \dots (3)$$

が成立すると考えられる。したがって、この関係を満足するような総合評価関数 $\alpha = f(X)$ を求めればよいといえる。

そのためには、立地と非立地のすべての組合せに対して、式 (2) が成立する個数を最大にするような関数を求めればよいと考えられる。しかしながら、立地因子は質的な指標を含むものであることから、このような考え方による推定は困難である。そこで、その近似的な扱いとして以下の方法を用いる。

まず、企業 i の立地点 l における立地因子の状態 X_l^i と、非立地点 m における X_m^i を求め、立地と非立地のサンプルとする。この立地、非立地のサンプルをすべての企業についてプーリングし、図-4 に示すように立地群と非立地群が全体として判別されるような総合スコア関数を数量化理論第Ⅱ類により求める。この方法は、一般に、立地のサンプルには高い総合スコア値、非立地のサンプルには低い総合スコア値をつけることとなる。その結果、各企業の立地・非立地の対関係においても、立地点の総合スコア値が非立地点の総合スコア値より大きくなる場合が多くなる。したがって、この方法は式 (2) の条件を満たすための近似的な方法と考えることができる。

b) 立地因子と分析指標

工業立地理論とアンケート調査結果に基づいて立地因子を抽出し、それらを輸送条件、労働力条件、用地条件に分類している。表-3 に、分析に先立って考慮したすべての立地因子の分類とそれに対応する分析指標を示す。

c) 数量化理論第Ⅱ類による分析結果

分析に用いたサンプルには、立地に際して、いくつか

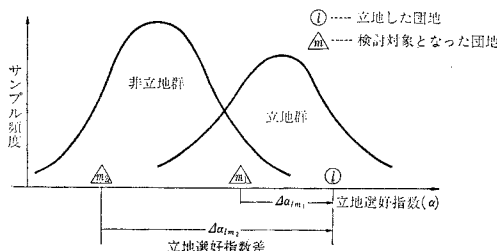


図-4 立地選好指数と立地選好指数差

表-3 工業立地因子と分析指標

立地因子		分析指標
輸送条件	出荷条件	出荷先への平均道路時間距離（複数の出荷先をもつ場合、その出荷額比で重みづけして平均した道路交通輸送時間）に、業種（産業中分類）ごとの重みとして、各業種の製品輸送費の全費用に占める比率 ⁽¹⁾ (%)を乗じたもの。
	入荷条件	入荷先への平均道路時間距離（複数の入荷先をもつ場合、その入荷額比で重みづけして平均した道路交通輸送時間）。
労働力条件	力現有労働	移転立地の場合に、従来の労働力を確保するための条件として、移転元からの時間距離。新規立地の場合は別のカテゴリとする。
	力地場労働	団地が属する周辺地区の労働力供給ポテンシャルとして、年間転出人口。ただし、地場労働力の指向性により業種（産業中分類）ごとに重みづけしている。
用地条件	地域指定	優遇措置の目安として、以下の4指定のうち指定を受けている個数 1. 工業再配置促進法第2条第2項に規定する誘導地域 2. 工業立地法第3条に規定する工場立地調査簿に記載された工場適地 3. 首都圏整備法第25条（第12条、第14条）第1項に規定する都市開発区域 4. 都市計画法における工業専用地域
	用水条件	用水型業種（月間使用水量 500 m ³ 以上）について、用地の用水制限の強弱。非用水型業種については別のカテゴリとする。
	価格調整条件	昭和44年度価格にデフレートさせた分譲価格（円/m ² ） 団地の整備水準によるランク分けをする。

の代替的な工業団地を検討した工場を選ぶ。この際、非立地群にはその工場が立地可能ではあったが立地しなかった工業団地として、最多分譲年がその工場の用地取得年と同年か1年遅れで分譲面積が40 ha 以上という基準を設け、それに基づいて工業団地を選定する。そして、説明変数としては、工場にとっての各工業団地における立地因子に対応する指標を用いている。立地群のサンプル数は80、非立地群のサンプル数は、各工場に対して複数の立地可能団地が存在するため186である。

数量化理論第Ⅱ類による分析結果を、表-4 に示す。個々の分析指標について考察すると、偏相関係数は分譲地価、移転条件、出荷条件の順に大きいこと、また、入荷条件において距離が大きくなるにつれてその限界抵抗が小さくなること等、アンケート調査結果や既存の立地理論と一致していることがわかる。

移転条件は60分を越えると現有労働力の確保が困難になることを示している。地場労働力条件は、工業団地を造成する地域においては、一般に差が大きいことから説明力は小さい。さらに、団地における整備条件は、サンプルとした各団地の整備に大差がないことから、いくつかの指標を試みたが説明力をもたなかった。なお、地場労働力条件と用水条件および地域指定に相関係数が-0.53と-0.46と、やや強い負の相関がみられたほかは説明変数間に、特に強い相関関係はみられな

表-4 数量化理論第 II 類による分析結果

立地因子	カテゴリ番号	カテゴリ内容	サンプル数		カテゴリ平均	偏	差	レンジ	偏相関係数
			立地群	非立地群					
輸送条件	1	120分未満	12	6	0.2448	/	0.4009	0.226	
	2	120~200	10	8	0.1630				
	3	200~320	16	25	0.0560				
	4	320~480	17	48	-0.0130				
	5	480~900	21	77	-0.0320				
	6	900分以上	4	22	-0.1561				
労働力条件	1	90分未満	23	46	0.0521	/	0.1318	0.096	
	2	90~150	34	65	-0.0029				
	3	150~200	15	42	-0.0203				
	4	200分以上	8	33	-0.0797				
現労働力条件	移転条件	1	30分未満	13	60	0.3248	/	0.5417	0.318
		2	30~60	21	8	0.1893			
		3	60~90	6	23	-0.0836			
	新規立地	4	90~130	8	21	-0.1509			
		5	130分以上	4	42	-0.2169			
		6	—	28	32	0.0024			
地域指定	1	20.0万人以上	14	24	0.0703	/	0.1660	0.087	
	2	10.0~20.0	28	57	-0.0064				
	3	4.5~10.0	13	59	-0.0243				
	4	4.5万人未満	25	46	-0.0650				
用水条件	1	用水制限弱	24	80	0.0443	/	0.0894	0.088	
	2	用水制限強	26	41	0.0133				
	3	2以下	30	65	-0.0451				
分譲地価格にデフレートした値	1	1.1千円/㎡未満	9	13	0.1916	/	0.4520	0.344	
	2	1.1~2.0	26	48	0.1369				
	3	2.0~3.0	26	30	0.0967				
	4	3.0~5.0	9	32	-0.0184				
	5	5.0千円/㎡以上	10	63	-0.2604				

相関比 $\eta = 0.542$

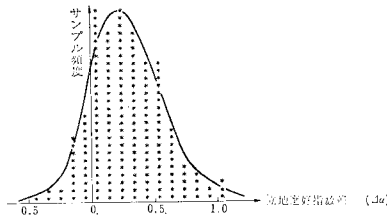


図-5 立地した工業団地とその検討対象になった工業団地の総合スコアの差（立地選好指数差 $\Delta\alpha$ ）の分布

かった。

d) II類分析による総合スコアの検討

数量化理論第II類による分析の結果得られた総合スコアが、どの程度立地選好を表現しているかを検討するために、まず、各企業 i の立地工業団地における総合スコアと非立地工業団地における総合スコアの差 $\Delta\alpha$ の分布を 図-5 に示す。図-5 において、 $\Delta\alpha$ が正の分布は、立地工業団地における総合スコアの方が高い、すなわち、総合スコアによる立地の判別が成功しているサンプルの分布であり、その全サンプルに対する比率は、0.860と高い。このことから、数量化理論第II類により得られた総合スコアは、直接かつ厳密に式(2)の関係を満たすように求められたものではないが、立地選好の程度を表わす指数として十分妥当性を有すると考えることができる。

(3) 工業立地モデルの構築

a) モデルの考え方

工業立地選好指数を用いて、広域都市圏全域に与えられた工業立地需要が、圏域内の工業団地にどのように配分されるかを予測するモデルを構築する。なお、以上の分析においては個々の企業に基づく非集計的な分析を行ってきたが、将来予測においては、個々の立地工場の企模までは予測できないことから、以下のような集計的な予測を行っている。

モデルの基本的な考え方は以下のとおりである。

まず、業種別生産額のフレームワークに、敷地当たりの生産額の逆数を乗ずることにより、将来の工業立地面積が求められる。それから、既立地面積を差し引いたものが新規立地面積需要となる。また、工業配置計画や現立地工場のアンケート調査に基づく移転計画より、現立地地区別（この地区を移転元とよぶ）に移転立地面積需要が求められる。それらの立地需要を、現在の工業入出荷先分布に計画立地型の工業の立地による修正を加えた

分布をもとに、入出荷先別に分割する。この結果、工業立地需要は、業種別、入出荷先別、移転元別の面積として求められる。そして、この立地需要面積は、以下に述べる立地比率により、各工業団地に配分されるものと考ええる。言い換えると予測モデルにおいては、この立地需要は、単位面積の工場からなる工場群として扱われる。

立地可能性の検討は、工業団地の中からすべての2つの団地の組合せを選び出して次に定義する選好比率に基づいて行う。すなわち、立地選好指数による立地選好の傾向が 図-5 に示すとおりであるとするならば、ある立地工場群の中の工場が1組の立地可能工業団地 (l と m) において、 l 団地と m 団地を選好する比率すなわち選好比率は、立地選好指数差 ($\Delta\alpha_{lm} = \alpha_l - \alpha_m$) に基づいて、図-5 を簡略化した 図-6 の上図の $\Delta\alpha_{lm}$ の度数 a と、 $\Delta\alpha_{ml} (= -\Delta\alpha_{lm})$ の度数 b の比になると考える。この比率をグラフ化すると 図-6 の下図のようになり、 l 団地を選好する比率は $a/(a+b)$ になると考える。検討対象工業団地が多い場合のすべての工業団地のおのおの以下の制約のもとに立地する比率、すなわち、立地比率は、各1組の団地に対する選好比率に最も近い値をとると考える。その際、2つの制約条件を満たさなければならない。第1の条件は、立地すべきすべての工場がいずれかの団地に立地する、すなわち立地工場群の各工業団地への立地比率の総和が1になることであり、第2の条件は、工業団地における各立地工場群の立地量の総和がその工業団地の面積以下であることである。

b) モデルの定式化

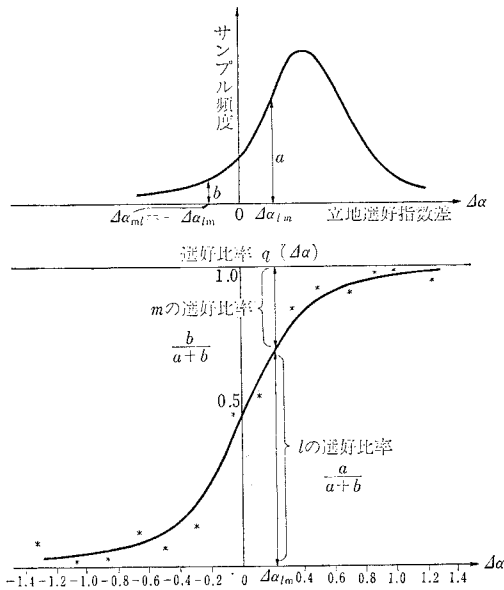


図-6 立地選好指数差と選好比率

工業立地モデルを定式化すると以下のようになる。
 まず、記号を定義すると、

- k : 立地可能工業団地 ($k=1, 2, \dots, l, m, \dots, K$)
- i : 立地工場群 (業種, 出荷先, 新規・移転元別;
 $i=1, 2, \dots, I$)

D^i : 立地工場群 i の立地需要面積

S_k : 工業団地 k の敷地面積

p_k^i : 立地工場群 i の工業団地 k への立地比率

q_l^i, q_m^i : 立地工場群 i の工業団地 l, m に対する選好比率 ($q_l^i = q(\Delta\alpha_{lm}^i)$, $q_l^i + q_m^i = 1$)

全体の立地比率が各1組の工業団地に対する選好比率に最も近い比率ということから、

$$\sum_{i=1}^I \sum_{l < m} \left(\frac{p_l^i}{p_m^i} - \frac{q_l^i}{q_m^i} \right)^2 \rightarrow \min \dots \dots \dots (4)$$

そして、すべての立地工場群に対して各工業団地における立地比率の総和が1であることから、すべての立地工場群 i に対して

$$\sum_{k=1}^K p_k^i = 1 \dots \dots \dots (5)$$

すべての工業団地 k において、各立地工場群の立地総面積がその団地の面積以下であることから、

$$\sum_{i=1}^I D^i \cdot p_k^i \leq S_k \dots \dots \dots (6)$$

となる。以上のように非線形計画の問題として定式化し、立地量を数値解法により求めることができる。

c) 一般工業用地への拡張

以上の工業立地モデルは、工業団地を対象に構築されてきている。しかし、実際には、工業団地化されていない一般の工業立地が可能な用地への立地も行われること

から、本モデルではその立地を以下のように取り扱っている。

アンケート調査において、検討対象として工業団地以外の用地を挙げた企業はなかった。そのことから、工業団地とそれ以外の一般工業用地に対する立地はおのおの独立しており、両者を比較選好する場合はきわめて少ないと考え、両者に対する立地需要量は業種別に先決的に分離することができると仮定している。将来の首都圏における工業立地政策の目標として、工業団地に7割立地させることにしている¹⁹⁾ので、後の適用においては、この目標に基づいて両者を分離している。また、準工業および工業地域内の一般の工業用地における立地選好は工業団地におけるそれと同様であると仮定する。その際、立地因子の指標は、地域指定に関しては、立地に際しての優遇措置がない地区であるとし、さらに、分譲地価は住宅地地価¹⁶⁾から推定した値を用いるものとしている。

5. 商業業務立地のモデル化

(1) 商業業務活動の連関関係の分析

a) 分析の考え方

商業業務活動は一般には他の諸活動に強く依存して立地するものであり、本研究では、その依存関係を2つに大別して考える。1つは市町村程度のゾーン内の他の活動のみに依存するものであり、もう1つは周辺ゾーンの他の活動にも関連するものである。前者の性格を有する活動を近隣型の活動、後者の範ちゅうに属するものを地域中心型の活動とよぶこととする。近隣型の活動はゾーン内の他の活動に比例的に発生するが、地域中心型の活動規模は、周辺ゾーンの他の活動量およびそのゾーンまでの経済距離によって規定され、同時にまた、周辺ゾーンの同種の活動とも競合関係を有する。なお、商業業務活動の規模を表わす指標としては、1.(2)で述べた理由から従業者数を用いる。

以下、小売商業を例に、分析の考え方を示す。

b) 小売商業の連関関係の定式化

小売商業の活動規模は、最も強い連関関係を有すると考えられる居住人口で説明されると仮定する。

まず、以下のように記号を定義する。

R_i : i ゾーン (全) 小売商業従業者数

R_i^N : i ゾーン近隣型小売商業従業者数

R_i^C : i ゾーン地域中心型小売商業従業者数

P_i : i ゾーン居住人口

D_{ji} : j ゾーン, i ゾーン間の経済距離

S_{ji} : j ゾーンの居住者が地域中心型小売商業として i ゾーンを選択する比率

なお、1つのゾーン内には2つ以上の地域中心商業センターがないようにゾーン分割を行っておく。

まず、入手可能な小売商業従業者数のデータは、 R_i であり、それは、近隣型と地域中心型の合計である。

$$R_i = R_i^N + R_i^C \dots\dots\dots (1)$$

近隣型従業者数 R_i^N は、同じゾーン (i) の居住人口に比例すると考えられることから、 α を定数として、

$$R_i^N = \alpha P_i \dots\dots\dots (2)$$

と表わされる。

一方地域中心型従業者は、周辺ゾーン (j) から買物に
来る居住人口に比例すると仮定することから、 β を定数として、

$$R_i^C = \beta \sum_j P_j S_{ji} \dots\dots\dots (3)$$

とおくことができる。ただし、 \sum_j は全ゾーンにおける総和である。

ここで、 j ゾーンの居住者が i ゾーンを選択する比率は、 i ゾーン
の地域中心型小売商業としての集積度に比例し、経済距離により
逓減すると考えられる。この集積度の代理指標として、
地域中心型従業者数をとり、経済距離による逓減の程度を
表わす距離関数を $f(D_{ji})$ とおくと、

$$S_{ji} \propto R_i^C \cdot f(D_{ji}) \dots\dots\dots (4)$$

全ゾーンを考えることにより、

$$S_{ji} = \frac{R_i^C f(D_{ji})}{\sum_i R_i^C f(D_{ji})} \dots\dots\dots (5)$$

と表わされる。この式は、Haff モデル⁸⁾と同型である。

そして、観測データの存在しない R_i^N を式 (1)、(2) から
消去して、式 (5) に代入すると、

$$S_{ji} = \frac{(R_i - \alpha P_i) f(D_{ji})}{\sum_i (R_i - \alpha P_i) f(D_{ji})} \dots\dots\dots (6)$$

となる。式 (1)、(2)、(3)、(6) より、

$$R_i = \alpha P_i + \beta \sum_j P_j S_{ji} \dots\dots\dots (7)$$

$$= \alpha P_i + \beta \sum_j P_j \frac{(R_i - \alpha P_i) f(D_{ji})}{\sum_i (R_i - \alpha P_i) f(D_{ji})} \dots\dots (8)$$

ここで距離関数 $f(D_{ji})$ を、

$$f(D_{ji}) = 10^{-D_{ji}/d} \dots\dots\dots (9)$$

とおくと、式 (8) は

$$R_i = \alpha P_i + \beta \sum_j P_j \frac{(R_i - \alpha P_i) 10^{-D_{ji}/d}}{\sum_i (R_i - \alpha P_i) 10^{-D_{ji}/d}} \dots\dots (10)$$

となる。

一方、はじめに述べたように、本分析に基づく予測モデルは、
広域都市圏全域の従業者数のフレームワークを所与とし、
その地域内の分布を求める配分モデルであるため、予測
においては、式 (10) から求められる各ゾーンにおける
従業者数の総和を、地域全域の与えられた総従業者数に
一致させるように、一律にスケールファクターを乗じて調整
する。

表—5 活動とその表記

活 動	記 号		活 動	記 号	
	k	k'		k	k'
居 住		0	電力・ガス・水道業	6	6
小 売 商 業	1	1	サ ー ビ ス 業	7	7
卸 売 商 業	2	2	公 務	8	8
金 融・保 険 業	3	3	建 設 業	9	9
不 動 産 業	4	4	製 造 業		10
運 輸・通 信 業	5	5			

c) パラメーターの推定方法

式 (10) は線形式でないため、パラメーター推定は繰り
返し計算により行う。

まず、距離関数のパラメーター d の感度は小さいこと
が感度分析により明らかになっているので、 d の値は、
30, 45, 60, 90, 120 の5つの値を先決的に与えて以下
の推定を行った結果のうち最良の重相関係数を示すもの
を採用する。

推定の手順は以下のとおりである。

- (i) d の値を設定する。
- (ii) 第2項の $\alpha=0$ において重回帰分析により第1
項の α および β を推定する。
- (iii) 先に求めた α の値を第2項に代入し、再び、重
回帰分析により第1項の α および β を推定する。
- (iv) α および β の値が安定するまで (iii) の繰り返
し計算を行う。

なお、(iii) の段階で、 $(R_i - \alpha P_i) < 0$ となるゾーンは
すべて、地域中心型小売商業が発達していないものとみな
し、 $R_i - \alpha P_i = 0$ としている。

d) 全商業業務活動の連関関係の定式化

他の商業業務活動も小売商業同様に定式化することが
できる。式 (7)、(10) を一般的に表わすために以下の記
号を用いる。なお、 k および k' は表—5 に示すように、
居住者および商業業務9業種と製造業を表わす。なお、
 k は被説明側の活動、 k' は説明側の活動を意味する。

E_i^k : i ゾーン k 業種従業者数あるいは居住人口

$S_{ji}^{k'/k}$: j ゾーンの k' 業種従業者あるいは居住者が、
 i ゾーンの k 業種地域中心活動を選択する比
率

$f(r_{ji})^{k'/k}$: k' と k の連関関係に基づく距離関数

$$f(D_{ji})^{k'/k} = 10^{-D_{ji}/d^{k'/k}} \dots\dots\dots (11)$$

商業業務9業種は、一般にはいくつかの業種あるいは
居住者と連関関係を有すると考えられることから、式
(7)、(10) を一般的に表わすと、

$$E_i^k = \sum_{k'} \alpha^{k'/k} E_i^{k'} + \sum_{k'} \beta^{k'/k} \sum_j E_j^{k'} S_{ji}^{k'/k} \dots\dots (12)$$

$$= \sum_{k'} \alpha^{k'/k} E_i^{k'} + \sum_{k'} \beta^{k'/k} \sum_j E_j^{k'}$$

$$\frac{(E_i^k - \sum_{k'} \alpha^{k'/k} E_i^{k'}) 10^{-D_{ji}/d^{k'/k}}}{\sum_i (E_i^k - \sum_{k'} \alpha^{k'/k} E_i^{k'}) 10^{-D_{ji}/d^{k'/k}}} \dots\dots\dots (13)$$

となる。そして、パラメーターの推定は小売商業の場合と同様に行う。

e) 分析結果

分析は首都圏（1都3県）281市区町村を分析単位として行っている。この程度のゾーン区分では、1ゾーンに多くとも1つの地域中心型の商業業務センターしかないとなすことができるため、式（13）による分析が可

表-6 商業業務モデルの推定結果

業種	商業業務モデル式	距離関数のd	重相関係数
小売商業	$E_i^1 = 0.05860 E_i^0$ (134) $+ 0.02609 \sum_j E_j^0 S_{ji}^{0.1}$ (146)	45	0.9973
卸売商業	$E_i^2 = 0.2081 E_i^1$ (94) $+ 0.3122 \sum_j E_j^1 S_{ji}^{1.2}$ (477)	120	0.9997
金融・保険業	$E_i^3 = 0.008084 E_i^0$ (66) $+ 0.1241 \sum_j E_j^0 S_{ji}^{1.8}$ (320)	45	0.9988
不動産業	$E_i^4 = 0.003241 E_i^0$ (74) $+ 0.04305 \sum_j E_j^0 S_{ji}^{1.4}$ (244)	120	0.9983
運輸・通信業	$E_i^5 = 0.2199 E_i^1$ (66) $+ 0.09176 \sum_j E_j^{1.0} S_{ji}^{10.5}$ (110)	120	0.9959
電力・ガス・水道業	$E_i^6 = 0.001469 E_i^0$ (39) $+ 0.009001 \sum_j E_j^{1.0} S_{ji}^{10.6}$ (75)	120	0.9960
サービス業	$E_i^7 = 0.04871 E_i^0$ (96) $+ 0.02866 \sum_j E_j^0 S_{ji}^{0.7}$ (158)	120	0.9965
公務	$E_i^8 = 0.007401 E_i^0$ (38) $+ 0.006898 \sum_j E_j^0 S_{ji}^{0.8}$ (158)	45	0.9950
建設業	$E_i^9 = 0.02218 E_i^0$ (98) $+ 0.1604 \sum_j E_j^1 S_{ji}^{1.9}$ (147)	120	0.9964

()内はt値。

能である。分析データには、商業に関しては昭和47年の商業センサス、それ以外は、昭和50年の事業所統計および国勢調査によるものを用いている。また、経済距離としては、昭和47年の鉄道路線網において得られた市区町村間所要時間を代理指標に用いている。

推定により得られた業種別のパラメーターを表-6に示す。各業種は現実には多少なりとも居住者あるいは他の業種のうちのいくつかと依存関係を有していると考えられるが、統計的な有意性と係数の符号条件の論理性を検討した結果、近隣項および地域中心項はおおの1つの説明変数しか採用されなかった。

また、推定結果から得られる居住者および業種間の連関関係を図-7に示している。

なお、製造業の管理業務に関するデータが入手できないため、それらについては、最も立地行動が類似していると考えられる卸売商業の推定式を代用することとしている。

(2) 商業業務モデルの構築

a) モデルの考え方

前節で求めた方程式と業種間の立地連関関係をもとに、業種別の従業者がどのように分布するかを予測するモデルを構築する。なお、居住人口分布と工業従業者分布、および、広域都市圏全域における業種別の従業者総数はモデルに対して外生的に与えられる。

まず、居住人口分布および工業従業者分布をもとに、小売商業をはじめとする全業種のゾーンごとの従業者数を、図-7の連関図に沿って逐次的に求める。その際、地域中心型の活動立地は、過去の集積に依存すると考え、一期前の従業者数を用いて集積度を表わすこととする。ただし、計画的に立地がなされる大規模商業センターについては、あらかじめ、その計画値を、前期の集積に加算しておく。このようにして求められた、各ゾーンの業種ごとの従業者数を、全域の各業種従業者数のフレームワークに一致させるように調整することにより、従業者分布を求めることができる。

b) モデルの適用性の検討

本モデルの適用性を検討するために、表-7に示すような2通りのテストを行った。テスト1は逐次計算による適合度の変化をみるために、居住人口と製造業従業者の47年の分布をもとに、図

表-7 商業業務立地連関モデルのテスト条件

	テスト1	テスト2
外生値 (居住人口分布および 製造業従業者分布)	昭和47年	昭和53年
集積度	昭和47年	昭和47年
交通条件	昭和47年	昭和53年

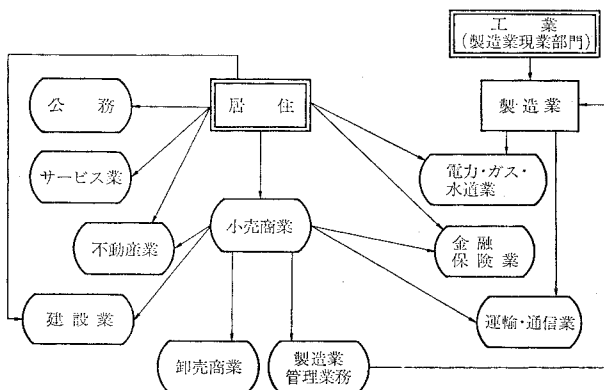


図-7 商業業務立地連関関係

表一 商業業務立地連関モデルのテスト結果

	産業業種	テスト1相関係数*	テスト2相関係数*
1	小売商業	0.9973	0.9899
2	卸売商業	0.9995	0.9918
3	金融・保険業	0.9988	0.9963
4	不動産業	0.9983	0.9773
5	運輸・通信業	0.9941	0.9874
6	電力・ガス・水道業	0.9860	0.9517
7	サービス業	0.9965	0.9891
8	公務務	0.9950	0.9915
9	建設業	0.9964	0.9911

* 実際値との相関係数。

一7の連関図に沿って計算したものである。テスト2は、事後テストとして、集積度の初期値に昭和47年のデータを用いて昭和53年の予測計算を行ったものである。テスト1の結果(表一8)から、逐次計算による適合度の低下はほとんど生じないことがわかる。また、短期間における適用とはいえ、テスト2の結果(表一8)から予測モデルとしても適合度が高いことがわかる。

6. 交通計画への適用

交通条件の改善の産業立地へ及ぼす影響の予測に本モデルを適用した例の一部を、図一8、図一9に示す。交通整備計画案としては東京湾横断道路計画を考えている。

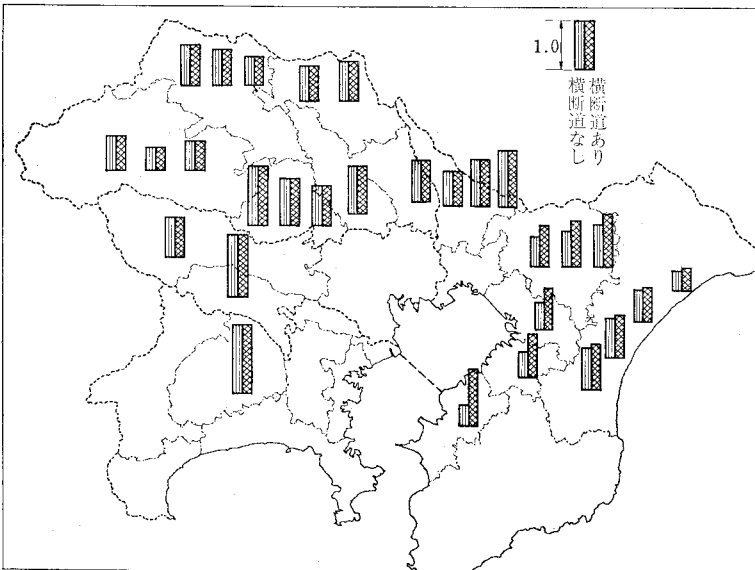
図一8は東京湾横断道路による工業立地選好指数の変化を示している。この図は、横浜に出入荷先をもち、横浜から移転する食料品工業についての例である。工業立地選好指数は各工業団地に対する絶対的な総合評価値であるため、その変化は横断道により立地条件がよくなる団地においてのみ生じている。

図一9は昭和65年における小売商業従業者の分布の予測結果である。横断道路による房総半島側の人口増加より、小売商業分布にも影響がみられる。

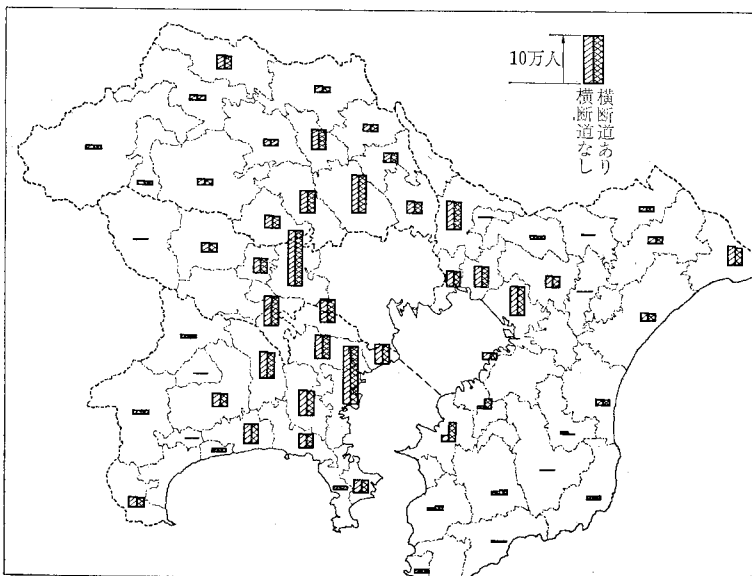
7. 結 論

本研究においては、広域における産業立地を予測するモデルを構築し、その有用性の検討を行った。その成果をまとめると以下のようなになる。

(1) 企業の工業立地選好を、総合的な指標である立地選好指数で表現した。また、その指数を説明する各要因に対する重みは、工業立地アンケート調査や既存の工業立地理論と合致していることと、その指数を用いて、アンケート調査を行った企業の過去の工業立地をかなりの部分説明できるこ



図一8 工業立地選好指数の変化



注) 市区町村を統合して表示している(東京23区は除いている)

図一9 小売商業従業者数予測

とを示した。

(2) 立地選好指数と実際の立地との関係をもとに、帰納論的に工業立地を予測する工業立地モデルを構築した。

(3) 商業業務活動を近隣型と地域中心型に大別し、活動間の依存関係をモデル化した。また、そのモデル式は市区町村単位で有意に推定され、活動間の立地連関を表わす式が得られた。

(4) 活動間の立地連関をもとに、将来の商業業務活動を予測する商業業務立地モデルを構築した。そのモデルは短期間ながら事後テストにおいては、十分高い適合度を示している。

(5) 工業立地モデルと商業業務立地モデルを中心に、広域における産業立地を予測するモデルを構築した。産業立地は、広域にわたる競合関係や代替関係によりその立地が規定されることや、また、その立地による影響も広域に及ぶことから、このような広域を対象とした立地モデルが必要であると考えられる。

また、以下に示すような事柄が今後の課題として残されている。すなわち、工業立地予測において、出入荷先の分布が内生化されていないこと、企業規模などの立地工場の特性や道路料金、海運による輸送条件等が考慮されていないこと、また、データ上の制約から、全体モデルの検証がなされていないこと、さらに商業業務立地においては、経済距離として鉄道所要時間のみを扱っていること、首都機能等の行政中心のもつインパクトが考慮されていないこと、および、長期間の予測における適合度の検討等、問題点が残されている。また、全体モデルとしては、配分すべき需要量を算出するために、いくつかのパラメーターを外生的に与える形をとっている。そのため、これらの感度を十分みることにより、本モデルによる予測値の量的な評価を行う必要がある。

なお、本研究に際しては、研究室に在籍した、山中芳朗、宮地淳夫、齊藤俊樹、清水英範の各氏には計算の実行をはじめとする種々の研究作業の協力のみならず、多くの貴重な意見を得ており、その成果は本研究に含まれているものである。さらに、武田文夫（高速道路調査会）、金子 勝（日本立地センター）、内山久雄（東京理

科大学）、鹿島 茂（中央大学）の各氏をはじめとする多くの方々より貴重な意見および協力をいただいた。以上、記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 中村英夫・宮本和明・林 良嗣・山中芳朗：大都市圏における商業業務立地モデル，第3回土木計画学研究発表会講演集，1981。
- 2) Weber, A.(江沢譲爾 監修)：工業立地論，大明堂，1966。
- 3) Hoover, E.M. (春日茂男，笹田友三郎 共訳)：経済活動の立地，大明堂，1972。
- 4) Greenhut, M. (西岡久雄 監訳)：工業立地—理論と実際—，大明堂，1970。
- 5) Reed, R. (松田武彦・山崎 進 共訳)：工場の立地・レイアウト・保全，東洋経済新報社，pp. 3~9, 1960。
- 6) 古川和広：地域計画の手順と手法，森北出版，pp. 75~83, 1978。
- 7) Reily, W.J. : The Law of Retail Grantation, 1929(日笠 端・石原舜介：地域施設商業，丸善，p. 105, 昭和49年)。
- 8) Haff, D.L. : Determination of Intra-Urpan Retail Trade Area, 1962 (日笠・石原：前掲，p. 294)。
- 9) たとえば，杉村愷二：業種別店舗の立地，大明堂，昭和54年。
- 10) Lowry, I.S. : A Model of Metropolis, the RAND Corporation, 1964。
- 11) Hill, D.M. and D. Brand : Methodology for Developing Activity Distribution Models by Linear Regression Analysis, H.R.R. No. 126, 1966。
- 12) 浅野光行：都市における交通—活動モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第285号，1979。
- 13) 熊谷良雄：消費者の購買行動モデルによる小売商業施設の適正配置に関する研究，1969 (日笠・石原：前掲，pp. 302~309)。
- 14) Niedercovn, J.H. and B.V. Bechdolt : An Economic Derivation of the Gravity Law of Spatial Interaction, J.R.S. Vol. 9, No. 2, 1969 (郡嵩 孝・井原健雄：「地域間交易量の推定モデル」について，日交研，A-37)。
- 15) 日本道路公団企画調査部 東京湾横断道路調査室，東京湾横断道路の経済社会波及効果について(中間報告)，1981。
- 16) 中村英夫・林 良嗣・宮本和明：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，1983。
- 17) 中村英夫・宮本和明・林 良嗣：交通条件の内陸工業立地へ及ぼす影響のモデル化，高速道路と自動車第23巻，第8号，1980。
- 18) 立地公害ハンドブック 委員会：主要産業の業種別立地因子一覧表，立地公害ハンドブック，共同出版，pp. 157~166, 1976。
- 19) 工業再配置計画，通商産業省告示第341号，1977。

(1982.1.21・受付)