

広域都市圏を対象とした活動立地モデルに関する研究*

An Activity Location Model for a Metropolitan Area

天野 光三**・阿部 宏史***

By Kozo AMANO and Hirofumi ABE

The aim of this paper is to propose an Activity Location Model and to present an attempt at validation by applying it to the Osaka Metropolitan Area. The Activity Location Model is a linear urban model, which considers an economic base mechanism among activities. Various levels of employment and population in each zone are estimated with several hypotheses of quantitative and spatial relationships among activities. The total model is calibrated using various kind of data in the Osaka Metropolitan Area, whose results are fairly good as well as those of validation. Moreover, the effective use of the model to predict the change of activity pattern caused by transport improvements are shown in this paper.

1. 序 論

都市における活動立地や土地利用を予測するモデルは一般には都市モデル(Urban Model)とよばれ、1960年代中期のローリーモデルや EMPIRICモデル以後、世界各地でモデル開発と計画策定への適用が行なわれてきた。そして都市モデルは、都市・地域計画における意思決定を支援する手段として重要な役割を果たしている。

本研究では、広域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ない、モデルの有効性を検討する。以下まず2では、本研究で提案する活動立地モデルと従来の都市モデルとの関連を述べる。次に3と4では、活動立地モデル

の構成と各サブモデルの定式化を説明し、5と6ではケーススタディの結果をまとめる。

2. 従来の研究との関連

現在までに開発されている都市モデルには様々なタイプのものがあるが、Foot¹⁾は従来の代表的なモデルとして、ガリン・ローリーモデル、線形都市モデル、最適化モデル、ハイブリッドモデルの4種類のモデルをあげている。そして、これらの中で実用的な都市モデルとして広く適用されているのは、ガリン・ローリーモデルと線形都市モデルの2つのモデルである。各モデルの開発と適用の経緯は青山と戸田²⁾によって詳しくレビューされているが、ガリン・ローリーモデルは主として英国を中心として適用が行なわれており、また線形都市モデルは米国において多くの適用例がある。

ガリン・ローリーモデルでは、都市活動を基幹部門と非基幹部門に分類し、乗数効果の概念を用いて

* キーワーズ：地域・都市計画，都市モデル

** 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科

*** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学科

(〒606 京都市左京区吉田本町)

都市活動の生成メカニズム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活動のゾーンへの配分を行なっている。そしてモデル内でゾーン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OD交通量も同時に推計することができる。

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、各種のアクセシビリティ指標、活動水準のストック、都市施設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、各ゾーンにおける種々の都市活動の立地量を、線形式で構成される同時連立方程式によって推計するモデルである。このモデルはガリン・ローリーモデルのような一定の論理構造は持たず、また活動量のゾーンへの配分のみを扱うので、ゾーン間のOD交通量はモデル内では推計されない。しかし、回帰分析によってモデル式の作成を行なうため、立地要因の取捨選択が容易であり、モデル構造が柔軟である。また、予測結果も比較的安定している。

本研究で構成する活動立地モデルは、上述のガリン・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。まずモデル全体の構造については、モデルの適用上の操作性を高めるために、ガリン・ローリータイプのモデルにみられる立地序列の考え方を取り入れて、都市活動を工業・業務・商業、居住の3種類に大別したうえで、各活動の立地を段階的に予測する形式をとっている。そして適用の際には、経済基礎メカニズムによる都市活動の生成関係を、立地序列にもとづいて考慮する。また工業と業務・商業の各活動については、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詳細な分類を行ない、モデルの精緻化を試みる。さらに、本モデルは基本的には立地量と立地要因との関係を統計的な関連に基づいて決定する経験的モデルであるため、各活動の立地を推計するモデル式としては、モデル式作成時に多様な立地要因を容易に比較検討することができる線形式を採用する。

3. 活動立地モデルの概要

(1) 活動立地モデルの全体構成

本研究で作成する活動立地モデルでは、コントロールータルとして外生的に与えられる都市圏全体

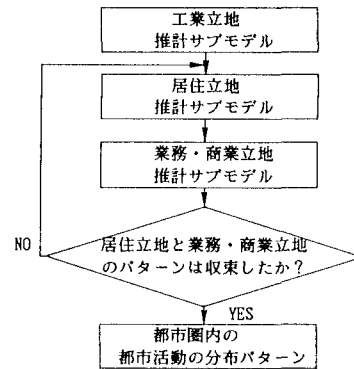


図-1 活動立地モデルの全体構成

表-1 活動立地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 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
居住	人口	

(注)工業の業種 1-11は現業部門従業者を対象とする。

の人口、従業者数をもとに、都市圏内の各ゾーンの活動立地を、人口、従業者数ベースで予測する。

図-1に活動立地モデルの全体構成を示す。モデル全体は大別して、工業立地推計サブモデル、業務・商業立地推計サブモデル、居住立地推計サブモデルの3つのサブモデルによって構成されている。そしてモデル構造には図-1に示す一定の立地序列を設け、各種活動の立地を段階的に決定する。

モデルの適用にあたっては、まず工業立地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。次に居住立地推計サブモデルと業務・商業立地推計サブモデルを適用するが、最終的には居住活動と商業・業務活動の立地パターンが安定するまで、各サブモデルを繰り返し適用する。

そして以上の計算によって推計された人口と従業者数に比例して、予測年次の人口と従業者数の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。

(2) 活動立地モデルにおける業種分類

活動立地モデルでは、工業、業務・商業、居住の3種類の活動をモデル化の対象とする。工業と業務・商業については日本標準産業分類を基本とし、類似した業種は統合して、表-1の各業種を設定した。また居住立地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。

(3) 立地推計のためのモデル式

本研究では、線形都市モデルの概念に従って、次の式(1)の形で表わされる線形式によって各活動の立地量の推計を行う。

$$Y_{ki} = b_0 + \sum_h b_h X_{hi} \quad (1)$$

ここに、
 Y_{ki} ; ゾーン i における活動 k の立地量、
 X_{hi} ; 立地要因 h のゾーン i での値、
 b_0, b_h ; パラメータ

モデル式の被説明変数となる立地量の指標としては、従業者数と人口を用いる。また各サブモデルでは、1時点の立地量または一定期間中の立地量の変化を推計の対象とする。

各業種の立地量推計のためのモデル式は、図-2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基づいて、各種のアクセシビリティ指標、活動のストック量、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によって、モデル式で用いる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、パラメータの符合条件やパラメータの有意性などを考慮して、最終的な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を説明し、各サブモデルの定式化を行なう。

4. 各サブモデルの定式化

(1) 工業立地推計サブモデルの定式化

本研究では工業現業部門の業種として、表-1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

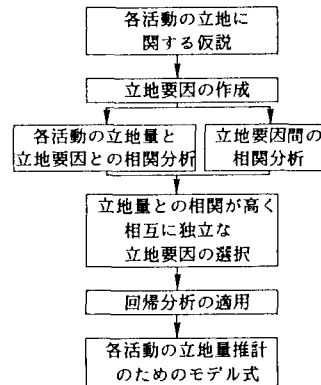


図-2 立地量推計のためのモデル式の作成手順

表-2 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

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-2の要因を設定した。表中で入出荷のアクセシビリティは対象地域内の工業業種との入出荷関係を考えることとし、Putmanによる研究を参考にして、式(2)の ACS_{ki} で定義した。

$$ACS_{ki} = \sum_j \{ (\sum_l \beta_{kl} \cdot \rho_l \cdot E_{lj}) / \exp(\alpha T_{ij}) \} + \sum_j \{ (\sum_l \beta_{lk} \cdot \rho_l \cdot E_{lj}) / \exp(\alpha T_{ij}) \} \quad (2)$$

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、
 β_{kl} ; (業種 k から l への投入額) / (業種 k の生産額)、
 β_{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、 α ; 交通抵抗パラメータ、
 T_{ij} ; 自動車利用によるゾーン ij 間の時間距離
 式(2)のアクセシビリティ指標は、業種間の取引関係と各業種の労働生産性の差異を考慮して、各業種の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)のアクセシビリティ指標 $ACS(P)_i$ で定義する。

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

ここに、
 P_j ：ゾーンjの夜間人口、 α ：交通抵抗パラメータ、
 T_{ij} ：鉄道利用によるゾーンij間の時間距離

また工業立地推計サブモデルでは、1時点における各ゾーンの従業者総数を推計の対象として、モデル式を作成する。

ところで、工業の業種の中には、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も含まれており、表-2の立地要因のみですべての業種の立地パターンを説明することは適当ではないと考えられる。本研究では、表-3に示す6種類の業種については従業者数を外生的に与えることとした。

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。

(2) 業務・商業立地推計サブモデルの定式化

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。

(i) サービス対象を全産業、工業、業務・商業（自業種を除く）、人口に大別する。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。

(ii) 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。ローカルなサービスの対象となる活動の立地水準は、各ゾーンにおけるサービス対象活動の立地量によって定義する。一方、広域的サービスの対象となる活動の立地水準は、式(4)のアクセシビリティ指標で定義する。

$$ACS(A)_{ki} = \sum_j A_j / \exp(\alpha T_{ij}) \quad (4)$$

ここに、
 $ACS(A)_{ki}$ ：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、

α ：交通抵抗パラメータ、

T_{ij} ：自動車利用によるゾーンij間の時間距離

表-3 工業立地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	そ の 他
	6	窯業、土石			

注) 従業者数を外生的に与える業種は、昭和45年度の近畿圏内の産業連関表による取引関係や工業統計にもとづいて、他の工業業種に基礎的な生産物を供給している業種、一般に工場の規模が大きい業種として設定した。

表-4 商業・業務活動の立地要因

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-1}^{t-1}	ΔTE_{i-1}^t	$ACS(TE)_{i-1}^{t-1}$	$\Delta ACS(TE)_{i-1}^t$
工業 (EH)	EH_{i-1}^{t-1}	ΔEH_{i-1}^t	$ACS(EH)_{i-1}^{t-1}$	$\Delta ACS(EH)_{i-1}^t$
業務・商業 (自業種を除く) (ES)	ES_{i-1}^{t-1}	ΔES_{i-1}^t	$ACS(ES)_{i-1}^{t-1}$	$\Delta ACS(ES)_{i-1}^t$
人口 (P)	P_{i-1}^{t-1}	ΔP_{i-1}^t	$ACS(P)_{i-1}^{t-1}$	$\Delta ACS(P)_{i-1}^t$
近隣サービス業 (ELS)	ELS_{i-1}^{t-1}	ΔELS_{i-1}^t	$ACS(ELS)_{i-1}^{t-1}$	$\Delta ACS(ELS)_{i-1}^t$

(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。

以上の (i) と (ii) の仮定にもとづいて設定した立地要因を表-4に示す。この表では、サービス対象活動を、前時点でのストック量と予測期間中のストック量の変化で定義している。前者は、既存のサービス対象活動から生じるサービス需要の増減を表し、後者は、予測期間中のサービス対象活動の立地量の変化によるサービス需要の増減を表している。

また、業務・商業立地推計サブモデルでは、予測期間中のサービス需要の変化に対する業務・商業活動の従業者数の変化を推計の対象とする。

(3) 居住立地推計サブモデルの定式化

居住立地推計サブモデルでは、人口を立地量の指標とする。人口の変動は、一般に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種類の変動で説明される。そして、t時点におけるゾーンiの人口 P_i^t は次の式(5)で表すことができる。

$$P_i^t = P_i^{t-1} + (B_i^t - D_i^t) + (I_i^t - O_i^t) \quad (5)$$

ここに、

P_i^t, P_i^{t-1} ：t-1時点およびt時点のゾーンiの人口、

B_i^t ：t期間中（t-1時点～t時点）のゾーンiでの出生数、

D_i^t ：t期間中のゾーンiでの死亡数、

I_i^t ：t期間中のゾーンiでの転入者数、

O_i^t ：t期間中のゾーンiでの転出者数

本研究では式(5)を基本にして、居住立地推計のためのモデル式を作成する。式(5)の各項のうち、まず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で生じるものと仮定する。

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動に起因する。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。

本研究では以上の前提のもとづいて、 τ 期間中($t-1$ 時点 $\sim t$ 時点)のゾーン*i*における人口変動 ΔP_i^τ を次の式(6)で表わし、居住立地推計のためのモデル式として用いる。

$$\Delta P_i^\tau = P_i^t - P_i^{t-1} = \alpha \cdot P_i^{t-1} + \sum_h \beta_h \cdot F_{hi} \quad (6)$$

ここに、
 F_{hi} ：人口の社会変動の要因*h*のゾーン*i*での値、
 α, β_h ：パラメータ

5. 大阪都市圏を対象としたケーススタディ

(1) 対象地域とゾーニング

本研究では、図-3に示す大阪都市圏を対象としてモデルのケーススタディを行なう。この地域内には昭和50年時点で174の市区町村が含まれているが、モデル作成の際には、日本住宅公団による研究を参考にして、都市圏内の市区町村を図-3に示す39個のゾーンに統合した。

(2) 使用データの収集と作成について

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。これらのデータは、昭和43年～昭和55年の工業統計、商業統計、事業所統計、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、人口とした。

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最短時間距離を算出した。また本モデルでは、立地要因として種々のアクセシ

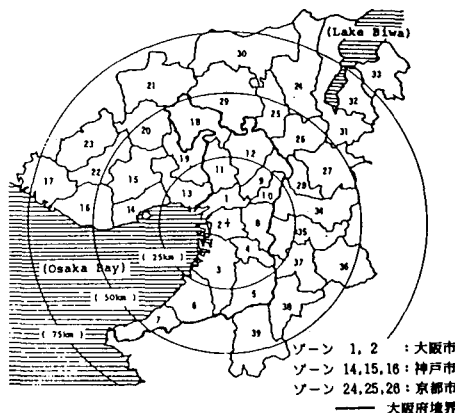


図-3 対象地域とゾーニング

表-5 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	式との関連
通勤	鉄道	0.039	0.81×10^{-6}	0.732	式(3), (9)
業務	自動車	0.048	2.41×10^{-6}	0.828	式(4)
貨物	自動車	0.046	1.65×10^{-6}	0.818	式(2)

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(7)の重力モデルを適用して求めた。

$$V_{ij} = \beta \cdot O_i \cdot D_j / \exp(\alpha \cdot T_{ij}) \quad (7)$$

ここに、
 V_{ij} ：ゾーン*i, j*間のOD交通量、 α, β ：パラメータ、
 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

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、回帰分析によって推定した。表-5に分析結果を示す。

以下では、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なうとともに、昭和53年の活動立地を予測して、モデル全体の予測精度を検証する。

(3) 工業立地推計サブモデルのキャリブレーション

まず表-6に、モデル化の対象とする5業種について、表-2で設定した立地要因と昭和48年の各業種の従業者数との相関係数を示す。立地要因のうち、工業地の地価については、相関係数の符号が想定される方向とは逆になっており、モデル式で用いることは適当ではない。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(2)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なった。表-7に分析結果を示す。

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モデル式を作成する。この際、大阪市都心部(ゾーン1, 2)には都市圏全体の工業の中心管理業務が集積している点を考慮して、大阪市都心部のゾーンに対しては都市圏全体の現業部門従業者数へのアクセシビリティを式(4)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(8)に示す。

$$EMI_i = 0.129 \cdot EMO_i + 0.313 \cdot DA \cdot ACS(EMO)_i - 1067.8 \quad (8)$$

(6.2) (16.5) ($R^2 = 0.973$)

ここに、
 EMI_i ; ゾーンiの工業非現業部門従業者数、
 EMO_i ; ゾーンiの工業現業部門従業者数、
 $ACS(EMO)_i$; 各ゾーンの現業部門従業者へのアクセシビリティ、
 DA ; 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をとる)

(4) 業務・商業立地推計サブモデルのキャリブレーション

まず、昭和43年～昭和48年の業務・商業活動の従業者数変化と表-4の立地要因との相関分析の結果を表-8に示す。次に、相関分析の結果に基づいて適切な立地要因を選択し、回帰分析を適用してモデル式の推定を行なった。表-9に推定結果を示す。

推定結果はおおむね良好であるが、電気・ガス・水道業に対するモデル式の決定係数値が低い。この業種は、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、計画立地的な取扱いをすることも必要と考えられる。

(5) 居住立地推計サブモデルのキャリブレーション

4で述べたように人口の変動は自然変動と社会変動に分けられ、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(9)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 t 期間($t-1 \sim t$ 時点)中の変化を説明変数とする。

$$ACS(TE)_i = \sum_j TE_j / \exp(\alpha \cdot T_{ij}) \quad (9)$$

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、 α ; 交通抵抗パラメータ、
 T_{ij} ; 鉄道利用によるゾーンi, j間の時間距離

表-6 工業の従業者数と立地要因との相関

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 その他	0.90	0.81	0.59	-0.55

表-7 工業立地推計サブモデルのキャリブレーション結果

業種	ACSkiのパラメータ	定数項	R^2
食料品	0.242 (9.6)	-537.8	0.715
繊維	0.265 (9.1)	-2272.5	0.692
金属	0.049 (11.9)	-1352.5	0.794
金属加工	0.348 (13.4)	-3136.1	0.831
その他	0.283 (12.4)	-2365.9	0.808

(注) ()はt値

表-8 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

説明変数 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)	$\Delta ACS(TE)$	$\Delta ACS(EM)$	$\Delta ACS(ES)$	$\Delta ACS(P)$	$\Delta ACS(ELS)$
建設業 (ΔEGN_1^+)	.84	.81	.84	.85		.69	.54	.85	-.43		.80	.78	.81	.77		.66	.45	.76	.08	
卸売業 (ΔEVM_1^+)	.83	.84	.81		.76	.75	-.44	.81		.85	.81	.80	.81		.79	.73	.33	.78		.78
近隣サービス業 (ΔELS_1^+)	.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_1^+)	.91	.87	.90	.78		.68	-.60	.86	-.40		.80	.77	.81	.74		.68	-.42	.76	.13	
運輸・通信業 (ΔETM_1^+)	-.58	-.41	-.62	-.26		-.29	.57	-.47	.80		-.37	-.20	-.40	-.23		-.07	.61	-.20	.54	
電気・ガス・水道業 (ΔEKM_1^+)	.44	.48	.41	.31		.63	-.15	.57	.03		.38	.39	.38	.33		.54	.03	.52	.29	

一方、大阪都市圏では、大都市の都心部では人口が減少している。ここでは人口減少が都心部での過密によるものと考え、柏谷による研究⁶⁾を参照して人口 (P_i) と総従業者数 (TE_i) の積 $P_i \cdot TE_i$ 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、式のパラメータを推定した結果を式(10)に示す。() 内はt値である。

$$\Delta P_i^T = 0.029 \cdot \Delta P_i^{T-1} + 1.45 \cdot \Delta ACS_i^T \quad (0.7) \quad (3.9)$$
$$- 0.209 \cdot 10^{-6} \cdot (P_i^{T-1} \cdot TE_i^{T-1}) - 11089.1 \quad (10) \quad (7.4) \quad (R^2=0.686)$$

推定結果をみると、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有意性が若干低い、ほぼ良好な結果が得られている。

(6) 活動立地モデルの予測精度の検証

次に、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、活動立地モデルの予測精度を検討する。表-10に昭和53年の人口、従業者数と、昭和48年～昭和53年の人口、従業者数変化の両者について、相関係数を用いた予測値と実績値の比較結果を示す。

表-10では各業種ともおおむね良好な結果が得られているが、工業の食料品では昭和48年～昭和53年の従業者数変化に対する相関係数値が低い。この業種は、対象地域内の工業業種との生産品の取引関係がそれほど顕著ではないため、工業業種との入出荷条件のみでは十分な説明力が得られなかったものと思われる。この業種については、入出荷条件以外の要因についても考慮する必要がある。

6. 活動立地モデルによるシミュレーション

本節では、活動立地モデルによるシミュレーション分析の一例として、交通条件の変化が都市圏内の活動立地に及ぼす効果を分析する。ここでは、表-11の3種類のケースを設定してモデルを適用した。

なお、本モデルはキャリブレーションの際のデータの都合上、5年単位の予測を行なうので、シミュレーションの際にはモデルを4回繰返し適用し、目標年次の予測結果を得ている。また以下では、予測結果のうち、居住立地に対する結果を示す。

まず、ケース1による居住立地の予測結果を、昭和68年の人口予測値と昭和48年の実績値との差とし

表-9 業務・商業立地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	$\Delta ECM_i^T = 0.0043 \cdot (TE_i^{T-1} + P_i^{T-1})$ (2.6) $+ 0.0694 \cdot \Delta ES_i^T - 269.17$ (1.4) $(R^2 = 0.786)$
卸売業	$\Delta EWM_i^T = 0.0199 \cdot ACS(ELS)_i^{T-1} + 0.0588 \cdot \Delta ACS(ELS)_i^T$ (2.1) (1.5) $- 571.75$ (1.4) $(R^2 = 0.653)$
近隣サービス業	$\Delta ELS_i^T = 0.018 \cdot (TE_i^{T-1} + P_i^{T-1}) + 0.047 \cdot (\Delta TE_i^T + \Delta P_i^T)$ (4.1) (2.1) $- 977.00$ (1.2) $(R^2 = 0.881)$
金融・保険 不動産業	$\Delta EFN_i^T = 0.0123 \cdot TE_i^{T-1} + 0.0368 \cdot \Delta ES_i^T$ (4.4) (1.2) $- 156.93$ (1.2) $(R^2 = 0.830)$
運輸・通信業	$\Delta ETM_i^T = 0.0271 \cdot \Delta P_i^T + 0.0602 \cdot \Delta ACS(EM)_i^T$ (5.6) (1.4) $- 585.47$ (1.4) $(R^2 = 0.866)$
電気・ガス・水道業	$\Delta ERN_i^T = 0.224 \cdot 10^{-3} \cdot (TE_i^{T-1} + P_i^{T-1})$ (2.6) $+ 0.0017 \cdot (\Delta TE_i^T + \Delta P_i^T) + 2.07$ (1.8) $(R^2 = 0.211)$

表-10 活動立地予測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 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
居住	人 口	0.994	0.750

表-11 シミュレーション分析のケース設定

各ケースの内容	
ケース1	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して、昭和68年の活動立地を予測する。この際、予測期間中には交通条件の変化などのインパクトはないものと仮定する。
ケース2	ケース1に加えて、予測期間中に都市圏全域ですべての交通手段の速度が20%上昇する場合の活動立地を予測する。
ケース3	ケース2とは逆に、予測期間中に都市圏全域ですべての交通手段の速度が20%低下する場合の活動立地を予測する。

て、図-4に示す。また図-5と図-6には、ケース2とケース3による予測結果とケース1による予測結果との差を示す。図中で白い○のゾーンは、ケース1に比較して立地が促進されたことを表す。

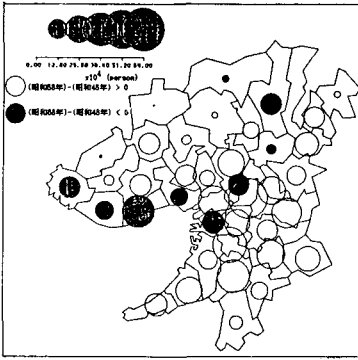


図-4 ケース1による居住立地の予測結果
(昭和68年と昭和48年の予測値の差)

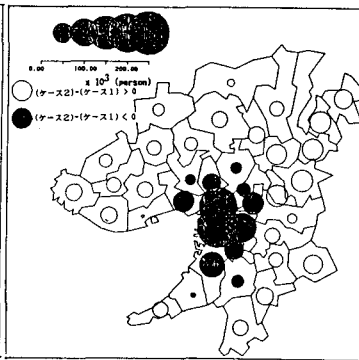


図-5 居住立地に関する
ケース2とケース1の予測結果の差

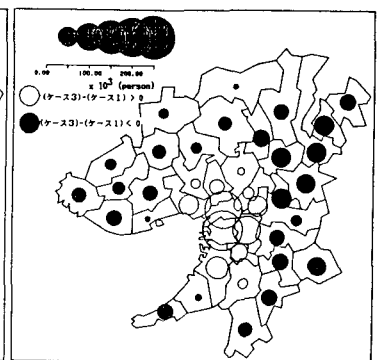


図-6 居住立地に関する
ケース3とケース1の予測結果の差

図-5を見ると、大阪市とその周辺ゾーンでの居住立地がケース1に比べて減少しているのに対し、大阪市郊外のゾーンでは増加しており、時間距離の短縮によって郊外部での立地が促進されることがわかる。また図-6では図-5とほぼ逆の結果が得られており、居住立地に関してケース2とは対照的なインパクトを及ぼしている。

7. 結 論

本研究で提案した活動立地モデルは、従来の代表的な都市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ふまえて構成されている。このモデルでは都市活動を工業、業務・商業、居住の3種類に大別し、13本の線形式によって、工業、業務・商業の12業種と人口をゾーン別に推計する。大阪都市圏を対象としたケーススタディでは、モデルのキャリブレーション結果、モデルの予測精度の検証結果ともにほぼ満足しうる結果が得られた。

また6ではシミュレーション分析の一例として、交通条件の変化が都市活動の立地に及ぼす影響を分析した。本モデルは交通条件以外にも、人口や雇用の成長率の変化、工業地、商業地、住宅地の新規開発、各都市活動の再配置など、都市地域計画に関連する種々のインパクト分析に適用することができる。⁷⁾

しかし、本モデルをさらに信頼性と操作性の高い都市モデルとするためには、まだいくつかの課題が残されている。たとえば、工業活動と業務・商業活動の中には、立地が計画立地的な面を持つ業種もある。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。また居住立地推計サブモデルでは、住宅ストックに関する説明変数を設定していない。したがって、モデルを住宅政策に関する分析に適用するには必ずしも十分ではない。

以上の問題に対処するにあたっては、モデルの大規模化、複雑化とモデルの操作性とのバランスが問題となるが、今後の検討課題としたい。

最後に、本研究を進めるにあたって貴重な助言をいただいた京都大学の戸田常一講師、計算作業に協力をいただいた、京都大学大学院の瀧浪秀元氏と谷口守氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Foot, D (青山・戸田・阿部・近藤共訳)：都市モデル—手法と応用，丸善，1984.6
- 2) 青山吉隆：土地利用モデルの歴史と概念，土木学会論文報告集IV-1，pp.19～28，1984.7
- 3) 戸田常一：土地利用モデルの適用と課題，第18回土木計画学シンポジウム講演集，pp.17～35，1984.7
- 4) Putman, S.H: An Empirical Model of Regional Growth, Regional Science Research Institute, 1975
- 5) 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，1980
- 6) 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.25～43，1983.12
- 7) 清水・阿部：土地利用モデルの国際比較共同研究，上掲3)，pp.155～158，1984.7