

都市内高速道路建設効果計測用土地利用モデルの開発

東京大学生産技術研究所 鹿島 茂
(財)計量計画研究所 石川 和夫
(株)エドシ 知花 秀治

1. はじめに

現在、東京、横浜、名古屋をはじめ、いくつかの大都市で都市内高速道路建設が構想あるいは計画されている。これは、都市内高速道路の建設により都市活動を支えるために必要となる道路容量を大きく増加させ、現在生じている交通渋滞の緩和に役立たせることを狙ったものであると考えられる。しかし、騒音・排ガスを始めとした種々の交通公害をさかへとして、交通施設一般に対する建設反対運動が各地で起り、特に都市内高速道路の建設については、強い反対が示されている。

この原因の1つとして、従来、道路建設の評価が道路利用者の時間節約、走行経費の節約といった直接的効果のみに基づいて行われ、道路建設のもたらす経済活動への影響、あるいは人口分布や就業分布等の土地利用への影響といった外部効果を定量的に評価し、それらが、どの地域のどの主体に帰属していくかの検討が充分には行われなかったことが考えられる。

本研究は、以上の様な問題意識のもとで、都市は高速道路建設によりもたらされる諸々の外部効果を定量的に計測し、その外部効果がどの地域のどの主体に帰属するのかを推定するために必要となるいわゆる土地利用モデルの開発を目的として行ったものである。

2. 土地利用モデルの構成

2.1. 全体モデルの構想

都市内高速道路建設が都市諸活動の空間的分布へ与える影響及び、変化した都市諸活動の空間的分布が高速道路に及ぼす影響を分析する際、検討が必要となる主要な課題としては、次の3点があげられる。

- ①都市諸活動の空間的分布を検討するための空間的スケール
- ②都市諸活動の主体分類
- ③土地利用形態と交通の関係

一般に都市と呼ばれている1つのまとまりを所した地域内に高速道路（通常は環状高速道路）が建設された場合、その地域に与える影響の空間的スケールとしては次の3つが考えられる。

- ①都市内高速道路の建設によりその都市地域全域の活動容量が増加し、それが周辺諸都市との関係とどのように変化させたのかを検討するスケール

スケール1（都市全体を1つの地区とする）

- ②高速道路の建設により高速道路の利用が比較的容易になるとか、それほど改善とならないのかを検討するスケール。

図1. 全体モデルの構想

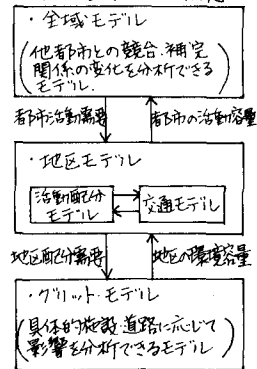


表1. 活動主体の分類

活動主体	内 容
主体1.	立地主体が外生的に与えられるもの。 (計画的立地産業)
主体2.	活動規模が都市内の活動規模以下では決定されないもの。 (自立立地型産業)
主体3.	活動規模、立地点が計画的立地産業及び自立立地型産業によって決定されてしまうもの。 (基幹産業指向型産業)
主体4.	活動規模、立地点が住宅の分布によって決定されてしまうもの。 (住宅指向型産業)
主体5.	主体1～4に勤める人々の世帯 (住宅)

スケール2 (都市を数個の地区とする)

③ 高速道路の出入口の建設によりその周辺地区の交通量あるいは活動水準の変化を検討するスケール

スケール3 (1つの地区が数100四方)

都市内高速道路建設の影響分析で問題となるこの3つの空間的スケールを考慮しうるように空間的スケールを設定する考え方としては、2つの考え方がある。1つは影響分析に必要な最小の空間的スケールを用いて分析を行い、必要に応じて空間的スケールを集合化していくという考え方であり、もう1つは、必要となる各スケールごとに分析し、必要に応じて各スケール間の分析結果を整合化していくという考え方である。

前者の考え方を用いてモデルを作成しようとする。①収集しなければならないデータの量が膨大になる。②活動主体の立地の個別的要因に支配される割合が高くなり行動のモデル化が難しくなる。③モデルの操作が複雑となる。といった問題点がある。

後者には、前者の持つ欠点は見当たらないものの異なる空間的スケール間の分析結果の整合性を保証するための方法(一般論はあるものの、具体的土地利用を対象としたものは未だ存在せず)が未確立のため、どのような変数を用いれば調整が可能であるのか、さらには調整が効率的に行うのかの検討が必要となる。

都市活動主体の分類を決定する際に考慮すべき点としては、活動主体の立地行動の違いという点でなく、その他各主体が立地する時の順序の違い(立地の主従関係)、主体の活動規模を決定している要因の違い(都市内の活動に依存しているのか、否か等)、土地の利用の変化の推移順序の違い(住宅地は商業地になるが、商業地は工業地にはならないといった土地利用形態の変化の仕方)についても充分注意を払うことが必要である。

土地利用を前提とした時、それが交通への程度の負荷をもたらすかは、従来四段階推定法と比べ一連の交通量推計モデルを用いて行われてきた。しかしこの方法は推計結果を求めるまでに膨大な作業を必要とするという大きな欠点があるため、最近土地利用モデルに組み込む交通モデルとしては四段階推定法でなく、発着ゾーン間及び発着ゾーンに拠るゾーン間の諸活動量、ゾーン間の交通施設整備状況からゾーン間移動時間を直接推計してしまおうという方法—直接推計法—を用いる試

図2. 土地利用モデルの基本フロー

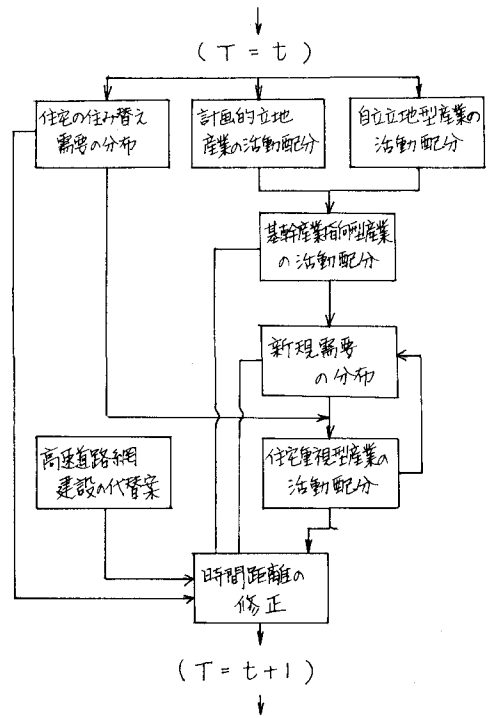


表2. 産業立地

産業分類		対応産業
基幹産業	計画的配置産業	公務
	自立立地型産業	製造業 卸売業 広域的小売業* 運輸・通信業 金融・保険・不動産
非基幹産業	基幹産業指向型産業	建設業 電気・ガス・水道 サービス業(除く個人サービス)
	住宅指向型産業	地域的小売業** 個人サービス業
対象外		農林水産業 鉱業

注) * 広域的小売業 : 百貨店
飲食店
家具・建具・インテリア小売業
その他小売業

** 地域的小売業 : 織物・衣服・身の回り品
飲食材料小売業

(1)式 住み替え需要推定関数

$$y_i(t) = a_0 + a_1 \frac{POP_i(t-1)}{A_i(t-1)} + a_2 \frac{E_i^B(t-1)}{E_i(t-1)} + a_3 \frac{E_i^I(t-1)}{E_i(t-1)} + a_4 \frac{R_i(t-1)}{A_i(t-1)}$$

が行われつつある。交通を前提とした時、それが土地利用への様な影響を与えるかは、従来、交通をアクセシビリティという指標で表示し、これを立地要因として立地関数の中に組み入れるという方法で比較的良好の結果を得てきている。

2.2 開発モデルの基本的考え方

本研究は最終的には、2.1で述べた3つの各空間的スケールに対応した階層的土地利用モデルを作成することを目的としているが、当面テーマの入手が比較的容易な市2の空間的レベル(市域を数個に分割)に対応するモデルの作成を試みたものである。

本研究で作成した土地利用モデルは、いわゆる土地利用活動配分モデルと交通モデルの2つのサブ・モデルから成り立っている。すなわち、高速道路の建設が都市全域に及ぼす各種外部効果が与えられた時、これを地域内の各地区へ配分するための土地利用活動配分モデル、及び、各地区に配分された結果、それの引き起こす交通状況を推定するための交通モデルである。

活動配分モデルでは、活動主体を立地決定の違いにより、計画的立地産業、自立立地型産業、基幹産業指向型産業、住宅指向型産業、世帯、の5つに大別し、それぞれ活動主体のゾーンへの配分法に改良を加えたローリ・モデルを用い、交通モデルとしては、比較的多くの作業が必要となる従来の四段階推定法ではなく、発着ゾーンの諸活動量及びゾーン間の交通施設整備状況からゾーン間時間距離を直接推定する直接推定法を用いている。

3. 土地利用モデルの作成

3.1 理論モデルの検討

本研究で作成した土地利用モデルは、2でも述べたように、土地利用活動配分モデルと交通モデルから構成されており、その基本的フローは、図2に示す通りである。土地利用配分モデルでは、まずゾーン別に外生的に与えられる計画的立地産業人口と、自立立地型産業活動配分関数を用いて推定したゾーン別の自立立地型産業人口を加え合わせてゾーン別の基幹産業人口を求める。次に、基幹産業指向型産業人口を基幹産業の配置や交通状況といった需要側の要因と、空地面積といふ供給側の要因とで表わした立地ポテンシャルを用いた活動配分関数を用いてゾーンに配分する。最後に、基幹産業及び基幹産業指向型産業に雇用される就業者の世帯を、住宅立地関数を用い

$Y_i(t)$: (t-1)期からt期の間に住み替える世帯の割合
 $POP_i(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの人口
 $A_i(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの面積
 $E_i^B(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの基幹産業人口
 $E_i^S(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの非基幹産業人口
 $E_i^T(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの全就業人口
 $R_i(t-1)$: (t-1)期のインゾーンの交通施設整備水準を表す変数(例えば道路密度)

(2)式 自立立地型産業の立地関数

$$\frac{\Delta E_i^B(t)}{\Delta E_i^B(t)} = \alpha_0 + \alpha_1 E_i^B(t-1) + \alpha_2 POP_i(t-1) + \alpha_3 (E_i^B(t-1) - E_i^B(t-2)) + \alpha_4 (POP_i(t-1) - POP_i(t-2)) + \alpha_5 ACC_i(t-1) + \alpha_6 N_i(t-1)$$

$\Delta E_i^B(t)$: 自立立地型産業人口の増加量

ACC_i : アクセシビリティ

N_i : インゾーンに存在する高速道路の本数

(3)式 基幹産業指向型産業の立地関数

$$\Delta X_{ij}(t) = \beta \Delta E_i^B(t) \frac{Z_j(t)f(C'_{ij}(t-1))}{\sum_j Z_j(t)f(C'_{ij}(t-1))}$$

$$\Delta E_i^S(t)^* = \sum_j \Delta X_{ij}(t)$$

$\Delta E_i^S(t)^*$: 基幹産業指向型産業の人口の増加量

β : パラメータ(= $E_i^S(t)/E_i^B(t)$)

$Z_j(t)$: 基幹産業指向型産業立地吸収力

但し、 $\Delta E_i^S(t) < 0$ の場合

$Z_j(t) = E_i^S(t-1)/Z_j(t)$

$f(C'_{ij}(t-1))$: 分布関数

$C'_{ij}(t-1)$: 道路時間距離

(4)式 住宅指向型産業の立地関数

$$\Delta E_i^T(t)^* = \sum_j \Delta W_{ij}(t)$$

$$\Delta W_{ij} = \beta_1 \Delta POP_i(t) \frac{V_j(t)f(C^2_{ij}(t-1))}{\sum_j V_j(t)f(C^2_{ij}(t-1))}$$

$\Delta E_i^T(t)^*$: t期のインゾーンの住宅指向型産業就業人口の増分

β_1 : 住宅指向型産業就業人口

$V_j(t)$: t期のインゾーンの住宅指向型産業立地吸収力

$f(C^2_{ij}(t-1))$: 分布関数

$C^2_{ij}(t-1)$: 道路と鉄道の平均時間距離

(5)式 住宅の立地関数

$$\Delta T_{ij}(t) = \lambda \Delta E_i^T(t) \frac{D_j(t)f(C^2_{ij}(t-1))}{\sum_j D_j(t)f(C^2_{ij}(t-1))}$$

$$\Delta NR_i(t) = \sum_j \Delta T_{ij}(t)$$

λ : パラメータ(= $NR(t)/NW(t)$)

$\Delta E_i^T(t)$: 配分対象となる従業地就業人口

$D_j(t)$: 住宅立地吸収力

但し、 $\Delta E_i^T(t) < 0$ の場合

$D_j(t) = NR_j(t-1)/D_j(t)$

$f(C^2_{ij}(t-1))$: 分布関数

$C^2_{ij}(t-1)$: 鉄道時間距離

ゾーンに配分し、住宅分布を求める。これと、住み替えに伴う世帯のゾーン分布の変化量を加え合わせた住宅分布より住宅指向型産業人口及びその分布を住宅指向型産業立地関数を用いて求めている。

① 活動配分モデル

① 住み替え需要推定関数 (1)式

ある期間内に転居する世帯の割合 $g_i(t)$ は、それ以外のゾーンの人口密度、就業者の就業構造（全就業者に占める基幹産業就業者の割合等）、交通施設整備状況（道路面積等）で表わせるとした。

① 自立立地型産業立地関数 (2)式

者除全体での自立立地型産業人口の変化量 $\Delta A_i(t)$ のゾーンの生ずるのは、基幹産業の就業人口、及びその変化量、人口、及びその変化量、アワセシビリティー、高速道路本線を表わすと考えて、関数式を導いた。

① 基幹産業指向型産業立地関数 (3)式

基幹産業指向型産業の立地は、基幹産業人口、及び人口を用いて求めた立地吸収力に基づいてなされると考えた。

① 住宅指向型産業立地関数 (4)式

住宅重視型産業の立地は、住宅及び住宅重視型産業人口を用いて求めた立地吸収力に基づいてなされると考えた。

① 住宅立地関数 (5)式

住宅の立地は、住宅立地可能空間（空地、工業跡地等）及び人口を用いて求めた立地吸収力に基づいてなされると考えた。

② 交通モデル (6)式

ゾーン間の時間距離は、当該ゾーンの間及び当該ゾーンに挟まれたゾーンの活動規模（就業人口等）、交通施設整備水準、ゾーン間距離、高速道路の利用の可能性、で表わせると考えて、関数を導いている。

3.2. 構造推定

ここでは、3.1で作成した理論式に東京23区（各区を1ゾーンとした）のデータを適用し、各理論式の構造推定を行なったにより、モデルの適用性を検討した結果について述べる。東京23区を対象地区として設定

(6)式 時間距離推定関数

$$C'_{ij}(t) = \alpha_0 (E_i(t) \cdot E_j(t) \cdot POP_i(t) \cdot POP_j(t))^{a_1} \cdot e^{a_2 d'_{ij}(t) + a_3 d''_{ij}(t) + d_{ij}(t)} \cdot \left(\frac{N_{ij}(t)}{Q_{ij}(t)} \right)^{a_4}$$

$C'_{ij}(t)$: 道路の時間距離

$d'_{ij}(t)$: t 期に高速道路を利用しない場合の距離

$d''_{ij}(t)$: t 期に高速道路を利用した場合の距離

$d_{ij}(t)$: t 期における i, j ソーン間を結ぶ道路を利用する交通量

$Q_{ij}(t) = f(E_1(t) \cdots E_n(t), P_1(t) \cdots P_n(t), C_{11}(t) \cdots C_{nn}(t))$

$N_{ij}(t)$: t 期における i, j ソーン間を結ぶ道路のストック量（外生変数）

δ_{ij} : t 期に高速道路が利用できるか否かを示すダミー変数（外生変数）

表3. 構造推定結果

(1) 住み替え需要推定関数

変数	定数	$POP_i(t-1)$ $A_i(t-1)$	$E_i^B(t-1)$ $E_i^A(t-1)$	$N_i(t-1) + N_j(t-1)$ $A_i(t+1)$
偏回帰係数	0.75E+00	-0.48E-05	-0.44E+00	0.33E+00
t 値	(7.39)	(-1.53)	(-2.52)	(7.37)

重相関係数 = 0.86

(2) 自立立地型関数の立地関数 (製造業)

変数	定数	$E_i^B(t-1)$	$POP_i(t-1)$	$E_i^B(t-1) - E_i^B(t-2)$	$ACC_i(t-1)$
偏回帰係数	-0.12E-02	0.37E-06	0.14E-06	-0.38E-05	-0.22E-05
t 値	(-0.03)	(4.55)	(3.36)	(-8.16)	(-1.98)

重相関係数 = 0.91

(3) 時間距離推定関数

変数	定数	$\frac{E_i \cdot POP_i \cdot E_j \cdot POP_j}{A_i \cdot A_j \cdot A_i \cdot A_j}$	$\frac{N_i(N_i+1) \cdot N_j(N_j+1)}{A_i \cdot A_j}$	$e^{d_{ij}}$	$e^{D_{ij}}$
偏回帰係数	1.14	0.01	-0.04	0.85	-0.25
t 値	(2.00)	(1.03)	(-3.98)	(34.71)	(-10.71)

重相関係数 = 0.94

したのは、データの入手が容易である事、市街化が進み、新しい開発余地がほとんどないため土地利用間の利用の競争が既に表われてきている事、という理由からである。

構造推定は、昭和40年、45年、50年の3時点のデータを用い、5年間に1期間として行った。また、産業分類は、産業中分類をベースに23区内にロケーション係数を参考にして表2の様に設定した。

①活動配分モデル

①住み替え需要推定関数

構造推定の結果、住み替え需要を推定する説明としては、人口密度、基幹産業人口割合、当該ゾーンに存在する面積当りの道路本線が選択された。

推定精度は重相関係数で0.86と比較的良好な精度の関数式が得られた。

②自立立地型産業立地関数

自立立地型産業の立地関数の構造推定は、表2に示した各業種別に行った。

また、検討した理論式は、以下に示す2つのタイプである。

$$\frac{\Delta E_i^B(t)}{\Delta E^B} = a_0 + a_1 E_i^B(t-1) + a_2 POP_i(t-1) + a_3 (E_i^B(t-1) - E_i^B(t-2)) + a_4 (POP_i(t-1) - POP_i(t-2)) + a_5 ACC_i(t-1) + a_6 N_i(t-1)$$

$$\frac{\Delta E_i^B(t)}{\Delta E^B(t)} = a_0 + a_1 \frac{E_i^B(t-1)}{E^B(t-1)} + a_2 \frac{POP_i(t)}{POP(t)} + a_3 \frac{E_i^B(t-1) - E_i^B(t-2)}{E^B(t-1) - E^B(t-2)} + a_4 \frac{POP_i(t-1) - POP_i(t-2)}{POP(t-1) - POP(t-2)} + a_5 ACC_i(t-1) + a_6 N_i(t-1)$$

選択された変数は、業種により若干異なるが、重相関係数は、0.8~0.9であり、推定精度はいずれも比較的良好なものであった。

②交通モデル

時間距離推定関数として、様々な関数形を仮定し、推定を試みた。代表的関数形を示したのが下記の式である。

$$\begin{aligned} T_{ij} &= a_0 (E_i E_j P_i P_j)^{a_1} (R_i R_j)^{a_2} e^{a_3 d_{ij}} e^{a_4 D_{ij}} & \text{----- タイプ1} \\ T_{ij} &= a_0 \left(\frac{E_i}{A_i} \cdot \frac{E_j}{A_j} \cdot \frac{P_i}{A_i} \cdot \frac{P_j}{A_j} \right)^{a_1} \left(\frac{R_i}{A_i} \cdot \frac{R_j}{A_j} \right)^{a_2} e^{a_3 d_{ij}} e^{a_4 D_{ij}} & \text{----- タイプ2} \\ T_{ij} &= a_0 \left(\frac{E_i}{A_i} \cdot \frac{E_j}{A_j} \cdot \frac{P_i}{A_i} \cdot \frac{P_j}{A_j} \right)^{a_1} \left(\frac{R_i}{A_i} \cdot \frac{R_j}{A_j} \right)^{a_2} d_{ij}^{a_3} e^{a_4 D_{ij}} & \text{----- タイプ3} \\ T_{ij} &= a_0 \left(\frac{E_i}{A_i} \cdot \frac{E_j}{A_j} \cdot \frac{P_i}{A_i} \cdot \frac{P_j}{A_j} \right)^{a_1} \left(\frac{N_i(N_i+1)}{A_i} \cdot \frac{N_j(N_j+1)}{A_j} \right)^{a_2} e^{a_3 d_{ij}} e^{a_4 D_{ij}} & \text{----- タイプ4} \end{aligned}$$

これらの関数形のなかより、重相関係数が高いこと、及び推定結果に傾向的な偏差を含まないこと、説明変数の符号が正しいこと、という基準で最終的に用いる関数式を決定した。この結果、タイプ4の関数形が選択された。推定精度は、重相関係数で0.94と一応満足できるものである。

4. おわりに。

本研究では、都市内に高速道路を建設した時、その効果がどの地域のどの活動主体に帰属するのかを推定するための土地利用モデルを開発することを目的に行い、モデル作成に必要な検討課題の整理と、都市を数10程度の地区に分割した場合(空間的スケールに相当)を作成し、これに実都市のデータを適用し、モデルに適用性があることを示した。しかし本研究の最終的目的は、2でも述べたように、3つの空間的スケールそれぞれに対応した土地利用モデルを作成し、それを階層的に結びつけることを目的としたものである。ここに示した結果はその第1歩であり、今後さらに、異なる空間スケールでのモデルの開発を進めていきたいと考えている。