

都市における交通-活動分布モデルに関する基礎的研究

A TRANSPORTATION-ACTIVITY DISTRIBUTION
MODEL IN URBAN AREA

浅 野 光 行*

By Mitsuyuki ASANO

1. ま え が き

土地利用と交通施設は都市の物的な空間構造を構成する 2 つの重要な要素である。都市交通施設の整備が市街地の発展形態、都市活動の分布、あるいは土地利用構成等に大きな影響をもつことは従来より広く認識されている。しかしながら、交通施設計画の多くは土地利用計画を与件として立案させ、交通施設計画から土地利用計画へのフィードバックは明確な形で考慮されていない。その原因としては、交通施設整備が土地利用に与える影響を適確に把握し、また、土地利用変化のうち交通施設整備に起因する変化を予測することの難しさが大きな要因と考えられる。

現在の都市交通計画のプロセスおよび手法は、1950年代にアメリカで実施された各都市圏の Urban Transportation Study を通してその基礎が作られ、わが国においても多くの都市圏でパーソントリップ調査が行われ、計画の策定が進められてきた。これらの都市交通計画の基本的なプロセスは図-1に示すとおりである^{1), 2)}。この計画プロセスを交通施設と土地利用の相互作用という側面からみる場合、次に示す 2 点をその特徴として挙げる事ができる。

① 計画プロセスは、計画目標年次に予想される土地利用をよりよく機能させる交通施設計画の選択を主目的としていること。

② 土地利用は交通施設の配置の影響を受けないか、受けたとしても交通計画モデルを作るために非常に単純化した形態で扱われていること。

これらは計画作業の前提となるものであり、計画作業の簡略化という意味で非常に重要である。しかしながら計画目標年次の都市圏の姿に関しては多くの可能性があり、土地利用は交通施設整備と大きななかかわりをもつこ

とから、目標年次の土地利用がどのように選択されるかは大きな問題である³⁾。

将来の土地利用に関しては施設計画あるいは規制によって完全にコントロールし得るものでもなければ、コントロールの範囲を完全に越えるものでもないであろう。したがって、将来の土地利用の想定がこうなしてほしいという姿であれば、その実現の可能性は非常に少ないと考えられる。交通施設配置が個人および企業の立地にとって重要な要因であり、将来の土地利用を規定する 1 つの力として認識する限りにおいて、交通計画は自らがコントロールし得る範囲のなかで、都市の発展に結びつく土地利用パターンを現在から将来にかけてダイナミックに誘導していくことが考慮されるべきと考える。

一方、土地利用と交通の関連については、交通施設整備のインパクトという観点からのアプローチあるいは都市（土地利用）モデルからのアプローチ等による分析、モデル化の努力がなされてきている。Michel と Rapkin による“Urban Traffic: A Function of Land Use” (1954)⁴⁾ は交通と土地利用の相互関係を初めて体系的に分析した研究として高く評価されるべきであろう。その後、1960 年代に入りアメリカを中心として多くの都市（土地利用）モデルが開発された。これらのモデルの多くは地域計画、交通計画等において将来の土地利用または活動分布をより合理的に予測すべく開発された。Lowry モデル⁵⁾ を起点とする TOMM モデル⁶⁾、PLUM モデル⁷⁾ 等のグラビディー・タイプ

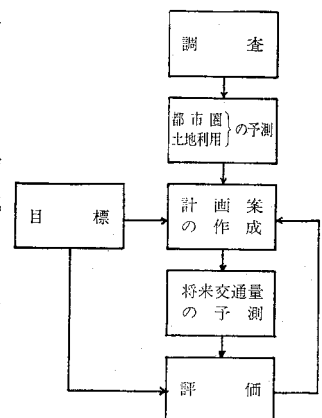


図-1 交通計画の基本的プロセス

* 正会員 建設省建築研究所 都市施設研究室長

の市場ポテンシャルモデル，EMPIRIC モデル⁹⁾に代表される線形モデル，土地市場の需要と供給の関係を明示的にモデルに組み入れた Penn Jersey モデル⁹⁾，BASS モデル¹⁰⁾，NBER モデル¹¹⁾等がある。

これらの諸モデルはモデルの理論構造，形式，対象とする土地利用等により分類，整理^{12)~15)}でき，おのおの特徴をもつが，人あるいは企業の立地行動をよりよく反映させるに従って複雑かつ大規模なモデルとなり，運用上の問題を始めとして多くの問題を内在させている¹⁶⁾。また交通施設との接点は通勤時間，費用，市場ポテンシャルに含まれる所要時間等にあるが，これらは一般的に交通需要予測モデルで算出されるゾーン間所要時間との対応は明確にされていない。

上記に示すような背景をもとに，本論文では始めに交通施設と土地利用の相互作用の基本的な概念を整理する。この相互作用の概念をもとに，現在から将来にかけて交通施設整備が土地利用パターンの変化に与える影響を動的 (dynamic) に把握しつつ交通計画を行うための一つの分析モデルである「交通-活動分布モデル」の基本的な考え方および方法を明らかにする。本論文の主要な課題は以上の理論構成とモデルの組み立てであり，モデルをある幅をもって適用し得るような一般的な形成で示すが，その具体例として簡略化したモデル作成および運用のケーススタディーを行い，モデルの実行性，運用上の問題，今後の課題等を明らかにする。

2. 交通施設と土地利用—相互作用の把握概念—

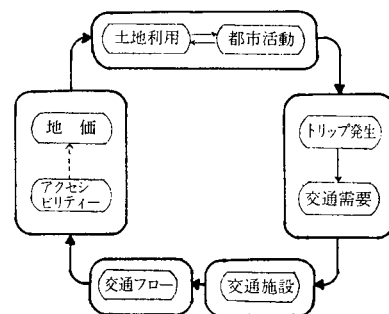
(1) 都市構造の構成要素

交通施設と土地利用は都市の物的な構造，すなわちインフラストラクチャーとして位置づけられる。これらの相互作用は，都市構造を一つの活動システムとしてとらえ，物的なインフラストラクチャーとそこで生起する事象とを分けて考察することでより明確にすることができるであろう。都市の各種活動は活動の場となる空間，すなわち土地利用とそこで行われる活動に分けられ，また，移動については移動の場となる空間，すなわち交通施設とそこで生じる交通フローに分けることができる¹⁷⁾。

インフラストラクチャーとしての土地利用と交通施設およびそこで生じる事象としての活動と流動という4つの要素についておのおの内容，構成について整理すれば表一¹⁾に示すとおりである。都市構造をこのように分解することは土地利用と交通施設の相互作用の把握，モデル化，および計画策定にとって次に示す特性から重要な意味をもつ。

表一 都市構造の基本的構成要素

分類	具体例	内容および構成要素
土地利用 (スペース)	住宅 店舗 工場 各種公共施設 その他	・利用の種類 (用途) ・利用の強度 (規模, 容積) ・利用の位置 (分布)
活動	住む 働く 買い物 思う その他	・活動の種類 ・活動の強度 (密度, 規模-就業者-, 生産額, 販売額, その他) ・活動の位置
交通施設 (チャンネル)	道路 鉄道 ターミナル その他	・ネットワーク (モード, リンク, ノード) ・車両 (種類, 数, 特性) ・政策 (ルートとスケジュール, サービスのタイプ料金, その他)
流動 (フロー)	人物 貨物 情報 その他	・交通量 ・モード ・起終点 ・目的 ・時間 (時期)



図一2 相互作用の基本的サイクル

① インフラストラクチャー，すなわち土地利用および交通施設は建設に時間を必要とすることから，その時間的変化はゆっくりしている。しかし，いったんインフラストラクチャーができると，活動および流動はすぐさま反応し変化は速い。

② 計画という立場からみる場合，インフラストラクチャーは計画策定にあたり比較的コントロールが容易であり，位置および規模をある程度決定し得る (交通施設においてはほとんどコントロール内にある)。しかし，そこで生じる活動および流動についてはコントロールが容易ではない。

(2) 相互作用の基本的サイクル

土地利用およびそこで生じる活動と，交通施設およびそこで生じる交通フローの間にある関連を非常に単純化したサイクル図で示せば図一2のとおりである^{17), 18)}。

この図において土地利用を出発点として考える場合，まず，土地利用で生じる各種の活動はトリップの発生源

となり、土地利用スペース相互間の交通需要を生み出す。この交通需要は交通施設を通して交通フローとなるが、同時に交通需要を満たすために交通施設整備を必要とする。交通施設整備はそれら交通需要を満たしつつ新たなアクセスを提供する。このアクセスは各土地利用スペースが他のスペースとの活動の結びつきの潜在的容易さを示すアクセシビリティ指標で表わされるのが一般的である（後出式（1）参照）¹⁹⁾。交通施設整備によるアクセシビリティの改善は地価を刺激して土地利用の変化に影響を与えることでサイクルを終了する。現実には多くの要素が複雑に関連しつつこのサイクルを形成していると考えられるが、土地利用と交通施設の相互作用をモデル化するうえで基本的なサイクルとして重要である。

（3） 静的関連と動的関連

土地利用と交通施設およびそこで生じる活動と流動の相互作用は、時間軸上において静的（static）にとらえるか動的（dynamic）にとらえるかによって大きく異なる。静的な関連としてみる場合は時系列上の時間軸をあるクロスセクションで切ってその関連をとらえることを意味し、動的な関連としてみる場合は時系列上の時間軸の流れのなかでその関連をとらえていくことである。

土地利用と交通施設の関連を静的、すなわち時間軸上のあるクロスセクションでみる場合、「土地利用で規定される活動をもたらす交通需要と、交通施設が提供するサービスの供給との均衡点として交通のフローが決定する」²⁰⁾と考えることができる。それは、ある時点で都市活動の分布と交通施設ネットワーク（サービス頻度、料金等を含む）が与えられることにより交通フローが決定することを意味する。

一方、土地利用と交通施設の関係をある時間断面でみる場合、ローリー・モデルの構造にみられるごとくある種の均衡状態を便宜的には考え得る²¹⁾。もし、土地利用と交通施設が活動と流動を媒体として閉じたループを形成していると仮定する場合、W.R. Blunden が指摘するように「他の物理システムあるいは経済システムと同様にたとえ最適状態からほど遠いものであっても長期的にはある均衡状態に落ち着くであろう」ことは想像できよう²¹⁾。しかしながら、交通施設整備によって反応する土地利用の変化は長い時間を必要とするとともに計画の段階から整備後長期間にわたって変化する。また、新たな都市活動の発生から生じる交通需要に反応する交通施設整備にはタイムラグがある（図-3 参照）。したがって、両者の関係は本質的にはダイナミックに把握されるべきものである。したがって、都市構造の動的な変化に対応した交通計画を策定するためには、土地利用と交通施設の動的な相互作用を認識しつつ、交通計画のプロセ

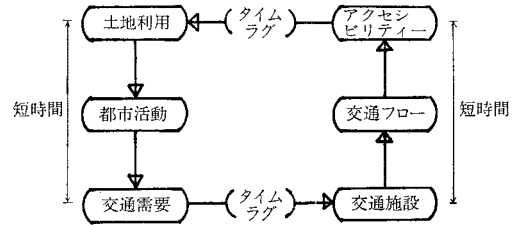


図-3 相互作用の反応時間

スのなかには交通施設整備が土地利用パターン、密度等に与える影響を交通計画のモデル構造のなかへ明確に組み込むことが必要と考える。

3. 交通-活動分布モデル

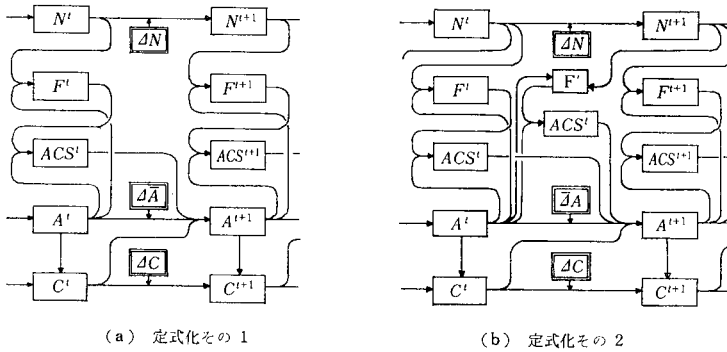
（1） モデルの基本的考え方と全体構成

ここで示すモデルは、土地利用において生じる活動と交通施設の動的な関連を考慮し、現在から将来にかけての段階的な交通施設の配置と整備計画を考えるための一つの分析モデルである。対象都市圏における各種活動のコントロール・トータルが経年的に与えられたとき、各活動の都市圏内の分布と交通フローを経年的に予測する。ここで、モデルに対しては交通計画および施設プログラム、大規模開発、土地利用制限等が政策変数としてインプットが可能であり、各活動分布および交通フローがアウトプットされる。ここで、活動を表わす指標として生産額、販売額等の経済指標も考え得るが、都市圏内のゾーン単位で比較的収集、利用が容易な人口指標で表わすこととする。

この交通活動分布モデルにおいて、交通施設、交通フロー、および活動分布のダイナミックな相互作用をどのように定式化するかが一つの重要なポイントとなる。基本的には、交通フローはおのおのの時点で活動分布と交通施設ネットワークが与えられたときスタティックな関係として決定される。また、活動分布は交通施設ネットワークが提供するアクセシビリティによってダイナミックな影響を受ける。活動分布はこのような交通条件の影響と同時に、各種活動分布との競合、その他の活動立地要因の影響を受けつつ決定される。ここで、交通施設ネットワークが活動分布の変化に与える作用のさせ方により2つの定式化を考える。

(a) ある単位期間 $\{t = \text{時点}(t) \rightarrow \text{時点}(t+1)\}$ における活動分布の変化 (ΔA) は、時点 t の交通施設ネットワーク (N^t) の影響のみを受ける（図-4 (a)）。

(b) ある時間間隔 (Δt) における活動分布の変化 (ΔA) は時点 t の交通施設ネットワーク (N^t) ばかり



(a) 定式化その 1
 (b) 定式化その 2

(N : 交通ネットワーク A : 活動(各種人口)分布 $t, t+1$: 時点
 F : 交通フロー \bar{A} : 活動のコントロール・トータル d : t から $t+1$ の変化
 C : 各種立地条件 ACS : アクセシビリティ)

図-4 交通施設と活動分布の相互作用の定式化

でなく、時点 $t+1$ のそれ (N^{t+1}) からも影響を受ける(図-4 (b)).

本モデルにおいては Δt を 3~10 年間で単位として考えるが、 Δt を短くとる場合、その間の交通施設整備量も多くはないと考えられることから (a) のケースを適用し得る。また、(b) のケースは交通施設の計画に対しても活動分布の変化は影響を受けることを意味し、それらを考慮に入れる場合あるいは Δt を長くとる場合に適用することが必要となろう²²⁾。

モデルの全体構成は図-5 に示すとおりであり、次に示す 3 つのサブ・モデルで構成される。

- ① 交通モデル
- ② アクセシビリティ・モデル
- ③ 活動分布モデル

交通モデルは交通施設ネットワークおよび各種活動分布を与えたとき、交通手段別・交通目的別の交通量、交通フローを予測する。ここで算定されたゾーン間所要時間はアクセシビリティ・モデルにインプットされる。

アクセシビリティ・モデルは交通施設が提供するサービスと活動分布の変化を関連づける媒体変数としての各種アクセシビリティ指標を算出する。ここでは、上記交通モデルでアウトプットされたゾーン間の所要時間および各種活動分布を与えられたときアクセシビリティ指標を算出し、活動分布モデルにインプットする。

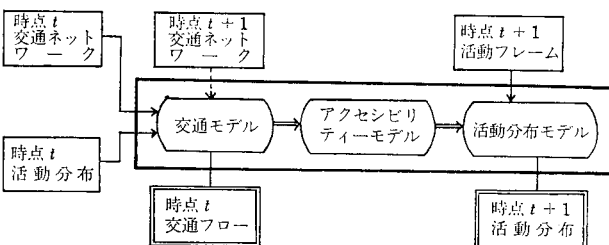


図-5 モデルの全体構成

活動分布モデルは Δt 期間の活動分布の変化を予測するモデルである。活動量を表わす指標として夜間人口および従業地の業種別就業人口を考える。このモデルは交通条件との媒体変数となるアクセシビリティを始めとして活動分布の変化に影響を与える諸変数を与え、各種活動における立地の競合を考慮しつつ活動分布の変化を予測する。

この交通-活動分布モデルは従来の交通需要予測モデルを中心としてアクセシビリティ・モデルおよび活動分布モデルを付加することにより、交通

施設と活動分布の動的な関連を考慮したモデルに組み立てるものであるが、モデルが具備すべき条件として下記の項目等を考慮しつつ各サブ・モデルを作成する。

(a) 交通施設と活動分布の変化をダイナミックな構造とし、交通条件の変化(交通施設整備および交通混雑)が活動分布の変化に反応すること。

(b) 交通フローは従来の交通需要予測と同等の精度で結果を得ることが可能であること。

(c) 各種活動の立地は他の活動の立地との競合を考慮に入れるが、モデルの複雑化を避けるために、同一のモデル構造のなかで各種活動を同時に扱えること。

(d) モデルの作成にあたり、データの収集、作成が比較的容易であること。

(e) モデルは操作性に富み、現実の都市圏への適用において実行が可能であること。

(2) 交通モデル

交通モデルは各時点の活動分布と交通ネットワークが与えられたとき、交通機関別の交通フローと交通機関別、交通目的別のゾーン間所要時間を算出する。したがって、従来のパーソントリップ調査結果を用いた交通推計手法を適用することができる。したがって、現在の段階では手法としてもっとも広範な適用がなされている 4 段階推計法(発生集中、分布、機関分担、配分)の適用

を考える。4 段階推計法における各段階のモデルはおのおのいくつかのモデルが開発されており、その詳述はここでは省略するが、本交通モデルでは次の条件を満たすことが必要である。

(a) ゾーン別の活動量は人口指標で表わされることから、発生・集中交通量モデルはそれらを説明変数とする関数モデルであること。

(b) 分布交通量モデルは活動分布の変化、交通施設整備、大規模開発等との反応、アクセシビ

リティー・モデルとの連動（後述）を考慮しグラビティー・タイプとする。

また、本交通モデルではゾーン間の所要時間がアクセシビリティ指標を通して活動分布の変化に作用することから、所要時間のとり方が重要な意味をもつこととなる。パーソントリップ調査結果としての所要時間も利用可能であるが、将来の予測を考慮する場合、Q-V条件を考慮した分割配分法あるいは等時間原則による配分法等^{23), 24)}による交通量配分の結果としてのゾーン間所要時間を用いることが適切であろう。また、4段階推計法は所要時間に関して、分布交通量モデルおよび交通機関別分担モデルにインプットされるゾーン間所要時間と交通量配分結果のそれとは一致しないという問題を内在させている²⁵⁾。本モデルでは、交通量配分結果の所要時間を分布交通量モデルおよび交通機関分担モデルにフィードバックすることを考慮する（図-6）。

ある時間間隔ごとに交通フローとゾーン間所要時間を算定することを考える場合、交通モデル、特に交通量配分モデルは多くの計算時間を必要とすることから簡略化を必要とする。したがって、交通-活動分布モデル全体の理論および構造のフレームのなかで適宜改善されていくべきものとする。

(3) アクセシビリティ・モデル

交通と活動分布の相互作用における媒体変数としてのアクセシビリティ指標は都市圏内の各地域の各種活動上の行きやすさを一種のポテンシャルとして扱うもので、W.G. Hansen は「空間的分離に打勝つ人あるいは企業の能力や願望に合致した、ある地点の周りの活動の空間的分離を示す尺度」として定義している^{26), 28)}。一般式は、

$$ACS_i^k = \sum_j A_j^k \cdot D_{ij}^{-\lambda} \dots \dots \dots (1)$$

または、

$$ACS_i^k = \sum_j A_j^k \cdot \exp(-\lambda \cdot D_{ij}) \dots \dots \dots (2)$$

で表わされる。

ここで、

- ACS_i^k : 都市圏内 i ゾーンの活動 k に対するアクセシビリティ
- A_j^k : ゾーン j における活動 k の活動量
- D_{ij} : $i \rightarrow j$ ゾーン間の距離抵抗（所要時間等）
- λ : ゾーン間の距離抵抗の強さを表わすパラメーター

本モデルではゾーン間の距離抵抗を表わす指標として交通モデルで算出されるゾーン間所要時間を採用する。夜間人口および業種別の従業地就業人口を活動指標とするが、各活動に対するアクセシビリティは活動の種類によってもつ意味は異なる。たとえば、夜間人口に対するアクセシビリティであれば就業者の集めやすさ、販売活動の利便性等に結びつくと考えられ、また、従業者へのアクセシビリティであれば各業種の業務活動の利便性、通勤のしやすさ等を表わすと考えられよう。したがって、所要時間および距離抵抗のパラメーターを各活動に対しどのように設定するかが問題となる。すなわち、各活動に対し全交通手段の平均所要時間を用いるのか特定の交通手段のみを用いるか、また、交通目的は全目的を対象とするか特定の交通目的で考えるか等の問題である。

本モデルにおいては、現況調査結果からゾーン別活動量と交通目的別着トリップ数との相関行列を作成し（表-2 参照）、各活動別にある程度正の相関の高い交通目的を選択し、下式により所要時間を作成することを試みる。

$$D_{ij}^A = \frac{\sum_{P_A} \sum_m D_{ijm}^A \cdot T_{ijm}^A}{\sum_{P_A} \sum_m T_{ijm}^A} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、

- D_{ij}^A : 活動 A へのアクセシビリティに用いる時間距離
- T_{ijm}^A : 活動 A へのアクセシビリティのために選

表-2 活動とトリップの相関行列のフォーム

活動分類	交通目的				
	通勤	通学	業務	娯楽	帰宅
夜間人口					
第1次産業 従業者数					
建設業 従業者数					
サービス業 従業者数					

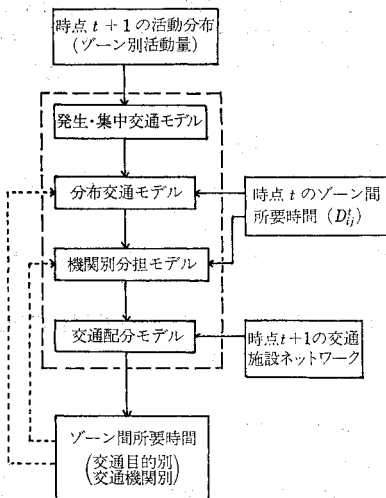


図-6 交通モデルのフロー

択された交通目的 P_A (以下、交通目的 P_A とする) かつ交通手段 m の $j \rightarrow j$ ゾーン間トリップ数

D_{jA}^m : 交通目的 P_A かつ交通手段 m の $i \rightarrow j$ ゾーン間所要時間

次に、これら所要時間 D_{ij}^m の作用の強度を表わすパラメーター λ は、分布交通モデルで決定された交通目的別の距離抵抗パラメーター β_P を用いて本モデルのために下式のとおり定義する。

$$\lambda_A = \frac{\sum_{P_A} \beta_{P_A} \cdot T_{P_A}^E (r_{A \cdot P_A})^2}{\sum_{P_A} T_{P_A}^E (r_{A \cdot P_A})^2} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

λ_A : 活動 A へのアクセシビリティに用いる距離抵抗のパラメーター

β_{P_A} : 交通目的 P_A の距離抵抗のパラメーターで、分布交通モデル (グラビティー・タイプ) よりインプットされる。

$T_{P_A}^E$: 交通目的 P_A の都市圏全域の着トリップ数

$r_{A \cdot P_A}$: ゾーン別活動 A の活動量と交通目的 P_A の着トリップ数との相関係数 (表-2 参照)

この式の意味するところは、活動 A へのアクセシビリティに用いられる距離抵抗のパラメーター λ_A は、活動量と選択された交通目的 P_A のトリップとの結びつきの強さおよび交通目的 P_A のトリップ数により、分布交通モデルで求めた交通目的別の距離抵抗パラメーターに重み付けをするもので、活動とトリップの結びつきを考慮した点に特徴をもつ。以上はアクセシビリティのパラメーター設定の1つの試みとして位置づけられるものであるが、活動分布の変化に対する説明変数という側面からの分析がさらに必要であると考えられる。

さらに、アクセシビリティを媒体として交通施設ネットワークが活動分布の変化に与える作用のさせ方を2通り設定した (図-4 参照)。これらに従ってアクセシビリティは次のように算定する。すなわち、

ケース1の場合、

$$ACS\{A_t, D(N_t, T_t)\}$$

ケース2の場合、

$$p \cdot ACS\{A_t, D(N_t, T_t)\} + q \cdot ACS\{A_t, D(N_{t+1}, T_t)\}$$

ただし、 $p+q=1$

ここで、

$ACS\{A_t, D(N_t, T_t)\}$: 時点 t の活動量 A_t および時点 t のネットワークに時点 t の交通を配分した結果の所要時間 $D(N_t, T_t)$ を用いたアクセシビリティ

$ACS\{A_t, D(N_{t+1}, T_t)\}$: 時点 t の活動量 A_t およ

び時点 $t+1$ のネットワークに時点 t の交通を配分した結果の所要時間 $D(N_{t+1}, T_t)$ を用いたアクセシビリティ

また、 p, q は時点 t の交通施設ネットワークの作用をどこまで考慮するかによってあらかじめ設定すべき性質のパラメーターである。具体的な設定の方法は、活動分布の変化に対して p, q をどのように設定する場合がもっとも説明力をもち得るのかについて、具体的な都市圏で分析されるべきであり、今後の課題として残される。

このように、アクセシビリティ指標はその理論的位置付けあるいは絶対値としての意味が不明確であるなどいくつかの問題点はあるものの、交通施設整備および活動分布の変化への反応をもつ指標として、交通・活動分布モデルにおいて重要な役割をもつ²⁷⁾。

(4) 活動分布モデル

活動分布モデルは単位期間 dt における各種活動分布の変化を説明する。活動を人口指標で表わすことはさきに示したとおりであるが、モデルの基本的考え方は、都市圏内の各種人口指標の変化を、それらを規定するであろう各種要因の指標によって統計的に説明しようとするものである。したがって、過去からの活動指標の変化および説明要因指標の実績値を用いて統計的手法によるモデルを組み立てる。

この活動分布モデルは、単位期間 dt においてゾーン別活動量の対都市圏全域シェアの変化を各種説明要因の対全域シェアで説明しようとする EMPIRIC モデル^{28)~32)} と考え方は基本的に同じである。しかしながら、EMPIRIC モデルは各指標を対全域シェアで扱っているため、活動量の増減とシェアの増減は必ずしも一致するとは限らず、被説明変数と説明要因との関係が明示的でないこと、また、交通条件との対応が明確でないことなど、いくつかの問題を内在させている。本モデルでは、それらの問題をも考慮しつつ、モデルの組み立てを行う。

a) モデルの一般形と変数

活動分布モデルの基本式の一般形は下記のとおりとする。

$$\Delta A = g[C, U, L, S] \dots\dots\dots (5)$$

ここで、

ΔA : 単位期間 dt における各種活動の変化

C : 他種の活動との競合変数

U : 利用特性変数

L : 位置特性変数

S : 土地特性変数

すなわち、単位期間 dt の活動分布の変化を変数の性格から競合変数、利用特性変数、位置特性変数、および土

表-3 グループ別変数一覧表

変数分類	変数とする指標	適用
被説明変数	当該活動指標(人口)の変化	
説明変数	競合変数	被説明変数を除く
	利用特性変数	
	位置特性変数	
	土地特性変数	

地特性変数という4つの変数グループに分けて設定し、これらの変数群で説明する^{33),34)}。各グループの主要な変数は表-3に示すとおりとするが、以下、それらの変数についての概要を示す。

① 被説明変数 (ΔA)

被説明変数は各ゾーンの単位期間 Δt {時点 t → 時点 t+1} における活動の変化であり、時点 t+1 の活動量そのものを直接説明するものではない点に特徴をもつ。活動指標は夜間人口および産業大分類別従業地就業人口を基本とするが、業種分類についてはゾーンの規模、単位期間の変化量等を勘案しつつ、立地特性の類似した業種は適宜統合することが望ましい。夜間人口および就業人口の変化は次に示すような指標を選択するものとする。

イ) 密度の増減量: $\frac{A^{t+1}}{X} - \frac{A^t}{X} (\cong 0)$

ロ) 変化率: $\frac{A^{t+1}}{A^t} (\cong 0)$

ハ) 増減率: $\frac{A^{t+1} - A^t}{A^t} (\cong 0)$

ただし、

A^t, A^{t+1}: 時点 t, t+1 におけるゾーンの人口

X: ゾーン面積 (または可住地面積)

② 説明変数

i) 他種活動との競合変数 (C)

この変数はゾーンの単位期間 Δt における被説明変数以外の活動の変化を表わすものであり、同一ゾーン内での活動相互間の併存指向あるいは分離指向を規定する。したがって、変数は被説明変数の指標と同じタイプとなる。

ii) 利用特性変数 (U)

単位期間 Δt の活動の変化は、当該期間当初である時点 t において各ゾーンがどのような活動のために利用されているかによって異なると考えられる。利用特性変数は時点 t の各種人口密度 (A^t/X) で表わし、業種分類は被説明変数に準じるものとする。

iii) 位置特性変数 (L)

この変数は各ゾーンにおいて活動の利便性と他ゾーンとの相対的位置関係を示す変数であり、さきに示した各種活動へのアクセシビリティ指標 (ACS_{i^k}) で表わされる。また、主要交通施設 (空港、港湾、インター・チェンジ、鉄道駅、ほか) へのアクセスもこのグループの

変数として位置付けられる。

iv) 土地特性変数 (S)

このグループに属する変数はゾーンそのもののもつ特性で次の特性を含む。

- 地域の大きさ、地形条件、開発可能地面積等のそのゾーンが固有にもつ条件
- 公共施設の整備水準等に代表される人的環境条件
- 用途、容積等に関する制約条件

なお、地価については利用特性、位置特性、土地特性の各変数の総合化した変数として位置付けられるものと考え、本モデルにおいては変数として特に考慮しないものとする。しかし、今後、これらの諸変数と地価とのかわりに関する分析およびモデルへの適用が1つの課題であると考ええる。

b) モデル式

活動分布モデルの関数はこれら説明変数を用いた回帰分析による一次線形モデルまたは線形対数モデルとするが、関数形は被説明変数と説明変数の選択、および上記説明変数を合成することによっていくつかのタイプを考えることができる。ここでは、一例として2つのタイプのモデル式を示す。

① モデルタイプ 1 (密度増減, 基本変数, 一次線形)

$$\Delta A_i^k = a_0 + \underbrace{\sum_{j(j \neq k)} b^j \cdot \Delta A_i^j}_{\text{競合変数 (C)}} + \underbrace{\sum_l c^l \cdot \frac{A_i^{l,t}}{X_i}}_{\text{利用特性 (U)}} + \underbrace{\sum_m d^m \cdot ACS_i^m}_{\text{位置特性 (L)}} + \underbrace{\sum_n e^n \cdot S_i^n}_{\text{土地特性 (S)}} \dots \dots \dots (6)$$

ただし、 $\Delta A_i^k = \left(\frac{A_i^{t+1,k}}{X_i} - \frac{A_i^{t,k}}{X_i} \right)$

ここで、

A_{i^{t,k}}, A_{i^{t+1,k}}: i ゾーンの時点 t, t+1 における人口種別 k の人口数

X_i: ゾーン的面積 (可住地面積等)

ACS_{i^m}: i ゾーン的人口種別および交通施設 m へのアクセシビリティ

S_{iⁿ}: i ゾーンの n 番目の土地特性 (用途地域別面積比, 道路率等)

a₀, b^j, c^l, d^m, eⁿ: 回帰パラメーター

② モデルタイプ 2 (変化率, 合成変数, 対数線形)

$$\Delta A_i^k = e^{a_0} \cdot \underbrace{(\Delta A_i^1)^{\beta_1} (\Delta A_i^2)^{\beta_2} \dots}_{\text{競合変数 (C)}} \cdot \underbrace{\left(\frac{A_i^{t,1}}{A_i^{t,k}} \right)^{\gamma_1} \left(\frac{A_i^{t,2}}{A_i^{t,k}} \right)^{\gamma_2} \dots}_{\text{利用特性 (U')}} \cdot \underbrace{\left(\frac{ACS_i^1}{A_i^{t,k}} \right)^{\delta_1} \left(\frac{ACS_i^2}{A_i^{t,k}} \right)^{\delta_2} \dots}_{\text{位置特性 (L')}} \cdot \underbrace{(S_i^1)^{\epsilon_1} (S_i^2)^{\epsilon_2} \dots}_{\text{土地特性 (S)}} \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{ただし, } \Delta A_i^k = \left(\frac{A_i^{t+1,k}}{A_i^{t,k}} \right)$$

ここで、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ ：回帰パラメーター

モデルタイプ2における利用特性および位置特性の変数を合成変数とした理由は、被説明変数が変化率という質的な変数であること、および当該活動の変化を各変数の単位期間当初の活動量に対する単位量として設定することを意図したもので、具体的な変数の設定は都市圏への適用に際し試行錯誤的に行われるべきと考える。

c) モデル作成と留意点

活動分布モデルは過去からのデータをもとに重回帰分析によりモデル式を決定するが、説明変数に他種活動との競合変数を含むことから、モデルはゾーン別の同時決定タイプの連立方程式モデルとなる。したがって、本モデルにおいて考慮すべき項目として下記の事項が考えられよう。

① 重回帰分析モデルにおいては多重共線性の問題が常に存在する。特に、都市の活動分布を規定すると考えられる諸要因間の内部相関は一般に高いと考えられる。したがって立地性を十分考慮した活動分類を必要としパラメーターの有意検定および符号についての十分な検討が必要である。しかしながら、符号については、同時決定の連立方程式体系をとっていること、あるいは同じ夜間人口とサービス業従業者との関係も都心と郊外では異なる等、符号の論理性を一概には検定し得ない側面がある。これらの問題に対しては、いくつかの都市圏でのモデル作成を通して検討していくことが必要となる。

② モデル式の決定にあたっては連立方程式モデルに

固有な内生変数と先決変数間の関係を規定する識別の問題³⁵⁾についても十分留意すべきである。

③ 活動分布の変化のなかに大規模な開発プロジェクトが含まれる場合、モデル偏りを生じさせないためにプロジェクト分をあらかじめ除外してモデルの作成を行う。モデルの運用時には、ある期間の活動の変化のうち大規模開発分をあらかじめ当該ゾーンへ割り付けるが、その影響は次の期間からの活動分布の変化に生じることとなる。

④ モデルは、過去のデータに基づく構造モデルである。したがって、将来に対する分析への適用性に対してはモデルの構成の安定性に関するが必要となる。本研究ではモデルの基本的組み立てとその実行性を主要な課題としているが、今後いくつかの都市圏での説明変数およびパラメーターの比較分析を通して検討することが必要となる。

4. ケース・スタディー

交通-活動分布モデルの基本的考え方にに基づき、本章では仙台都市圏を対象にモデルの作成および適用を試みる。ここでは、モデルそのものの詳細な分析ではなく、利用可能なデータの制約のもとに、モデル全体を動かしてその実行性を中心に検討を行う。したがって、モデルの個々の部分では単純化した形態を多く採用した。

(1) モデルの作成

a) モデルの基本的設定条件と作成プロセス

モデルは昭和47年仙台都市圏パーソントリップ調査を基礎とし、昭和47年から昭和50年にかけての活動分布の変化データを用いて作成する。モデル作成のための解析フローは図-7に示すとおりであるが、以下、モデルの基本的設定条件とデータの作成について示す。

① 分析ゾーン

仙台都市圏パーソントリップ調査で設定された都市圏域より若干狭い圏域を検討対象地域とし、対象域内49ゾーン（うち仙台市32ゾーン）、域外4ゾーンに編成した。

② 交通目的、交通手段、ネットワーク

交通目的、交通手段は表-4に示すようにそれぞれ5分類、4分類とした。

これらの分類に基づき交通目的別・手段別パーソントリップOD表を作成し、交通ネットワークに配分することにより目的別・手段別

表-4 交通目的および交通手段の分類

交通目的	交通手段
1. 通勤	1. 徒歩
2. 通学	2. 自動車
3. 帰宅	3. バス
4. 私用	4. 鉄道
5. 業務	

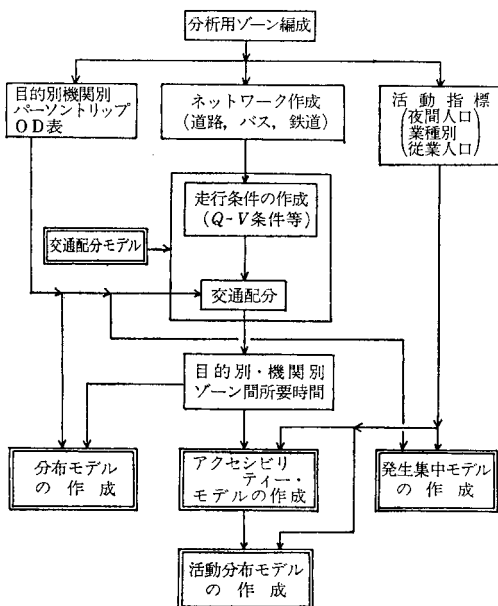


図-7 モデル作成のための解析フロー

ゾーン間所要時間を算定するが、交通ネットワークは下記の3種類を作成する。

- i) 道路ネットワーク
 - ii) バス・ネットワーク (含む, 端末徒歩)
 - iii) 鉄道ネットワーク (含む, 端末バス, 端末徒歩)
- ③ 活動指標

活動指標は下記の5分類とする。

- i) 夜間人口
- ii) 第1次産業従業者 (居住地ベース)
- iii) 第2次産業従業者 (従業地ベース)
- iv) 第3次産業従業者 (")
- v) 公務従業者 (")

検討対象地域における昭和47年および50年の各人口数は表-5に示すとおりである。ここで夜間人口および第1次産業従業人口は国勢調査, 住民基本台帳, およびパーソントリップ調査結果から作成した。また, その他の従業人口は昭和47年, 50年の事業所統計調査より作成した。公務を独立させたのは事業所統計調査上の制約によるものである。

④ 単位期間, 大規模プロジェクト, 相互作用

活動分布の変化はさきに示したとおり単位期間 (Δt) を3年とするが, モデルの作成において, 単位期間を3年間としたこと, モデルに影響を与える大規模開発の供用がないことから大規模開発は特に考慮せず, すべての変化を対象とした。また, 交通施設ネットワークと活動分布の相互作用は, 単位期間の活動の変化は当該期間当初のネットワークの影響のみ考慮するケースで行った。

b) 交通モデル

交通モデルの詳細および結果は省略するが, 4段階モデルの各サブモデルに適用した手法を一覧として表-6に示す。ここで, 配分結果としての交通目的別・手段別ゾーン間所要時間はアクセシビリティ・モデルにインプットされるが, その要点を示せば次のとおりである。

i) 自動車の時間は, 各分割回数ごとの所要時間を交通量で重み付けした値とする。

ii) バスの所要時間は, 自動車の配分結果としてのリンク別所要時間, 停車場での停車時間, 待ち時間, 乗換え時間, 端末徒歩時間を考慮して算出する。

iii) 鉄道の所要時間は, 待ち時間, 乗換え時間, 端末バス, 端末徒歩の時間を考慮する。

c) アクセシビリティ・モデル

アクセシビリティ指標は式(1)を採用するが, 下記に示す4つの活動へのアクセシビリティを対象とした。

- $k=1$ 夜間人口
- $k=2$ 第2次産業従業者

$k=3$ 第3次産業従業者

$k=4$ 公務従業者

アクセシビリティ指標における時間距離 D_{ij} , パラメーター λ を決定するために作成された活動量と交通目的の相関行列 $\{r_{P \cdot PA}\}$, 分布交通モデルの距離抵抗パラメーター β , および算定結果としての λ を表-7に示す。

d) 活動分布モデル

モデルのタイプは人口密度の増減量を被説明変数とする1次線形モデルとした。利用可能なデータの制約および本分析が連立方程式モデルの解についての検討を中心に考えたことにより説明変数のうち土地特性変数は本ケース・スタディーでは考慮に入れず, 他種活動との競合変数, 利用特性変数, および位置特性変数のみを対象と

表-5 対象地域の各種人口フレーム (千人)

	夜間人口	第1次産業	第2次産業	第3次産業	公務
昭和47年	787.8	23.6	104.1	252.0	20.5
昭和50年	889.4	19.4	105.6	276.4	21.1
(50)/(47)	1.13	0.82	1.01	1.10	1.03

表-6 採用した交通モデル

サブモデル	適用した手法
発生・集中モデル	夜間人口, 従業地就業人口を説明変数とする対数線形モデル (目的別)
分布交通モデル	グラビティモデル (目的別)
交通機関分担モデル	分担率曲線によるバイナリチョイス法
交通配分モデル	道路: Q-V 条件による分割配分 バス, 鉄道, 徒歩: 最短時間経路配分

表-7 活動と目的別トリップ数の相関, および β, λ

	通勤	通学	帰宅	私用	業務	λ
夜間人口	0.260	[0.779]	[0.984]	[0.436]	[0.310]	1.192
第2次産業従業者	[0.858]	0.657	0.549	[0.795]	[0.839]	1.100
第3次産業従業者	[0.995]	0.526	0.236	[0.968]	[0.995]	1.106
公務従業者	[0.835]	0.285	-0.008	[0.834]	[0.838]	1.110
β	0.991	0.989	1.224	1.324	0.948	

□ 採用された交通目的

表-8 対象とした変数

被説明変数	説明変数			
	競合変数	利用特性変数	位置特性変数	土地特性変数
密度の変化 (差)	同 左	昭和47年の密度	アクセシビリティ	—
夜間人口 (ΔA^P)	同 左	夜間人口 (A^P)	夜間人口への (ACS^P)	—
1次産業 (ΔA^{E1})		1次産業 (A^{E1})	2次産業への (ACS^{E2})	
2次産業 (ΔA^{E2})		2次産業 (A^{E2})	3次産業への (ACS^{E3})	
3次産業 (ΔA^{E3})		3次産業 (A^{E3})	公務への (ACS^{E4})	
公務 (ΔA^{E4})		公務 (A^{E4})	公務への (ACS^{E4})	

した。対象とした説明変数および記号は表-8 に示すとおりである。

回帰分析は変数減少型の回帰分析を行い、原則としてすべての説明変数のパラメーターの t 値が 2.0 (有意水準 5% で有意の範囲にある) となる点で回帰モデルを決定した。また、さきにも述べた理由によりこのケース・スタディーではパラメーターの符号指定は考慮しない。決定された回帰方程式は表-9 に示すとおりである。回帰結果を比較すると、第 3 次産業および公務は高い重相関係数が得られたが、第 2 次産業および夜間人口については比較的低い。このような傾向は、回帰モデルにおいて対象とした説明変数が限定されていることに大きく起因すると考えられる。

得られた回帰方程式は各人口密度変化を同時決定する連立方程式モデルである。したがって、モデルの適合性は各ゾーン別に連立方程式を解いた推定値と実際の変化値との間で検定されなければならない。昭和 47 年から 3 年間の人口密度変化および昭和 50 年の人口数とそれらの実績値との相関係数は表-10 に示すとおりである。この表からも明らかとなり、いずれの人口密度変化も回帰方程式の重相関係数よりも低く、特に夜間人口での低下が大きい。この点に関しては、説明変数の選択等今後の大きな課題となろう。また、昭和 50 年の人口数は昭和 47 年の人口数に 3 年間の推定された変化量を加えたものであるが、いずれもよい結果が得られている。3 年間の人口密度の変化および 50 年の人口数について推定値と実績値をグラフで例示すれば図-8 (a), (b) のとおりである。

次に、このモデルを EMPIRIC タイプ、すなわち、被説明変数および競合変数を対都市圏全域シェアの差

$$\Delta A_i^k = \frac{A_i^{k,t+1}}{\sum A_i^{k,t+1}} - \frac{A_i^{k,t}}{\sum A_i^{k,t}}$$

とし、その他の変数をすべて (表-8 参照) 対全域シェアに変換した 1 次線形モデルによって作成し、さきの密度変化型モデルとの比較を行った。EMPIRIC 型モデルで得られた回帰方程式は表-11 に示すとおりである。

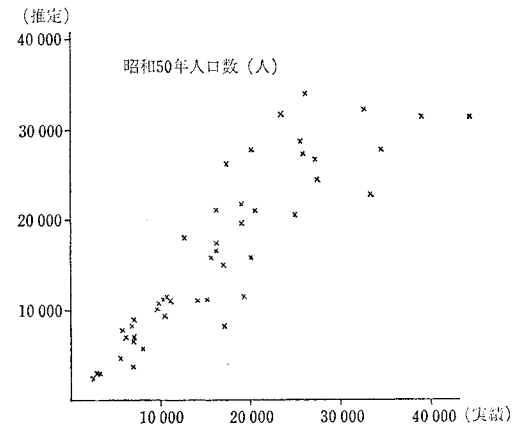
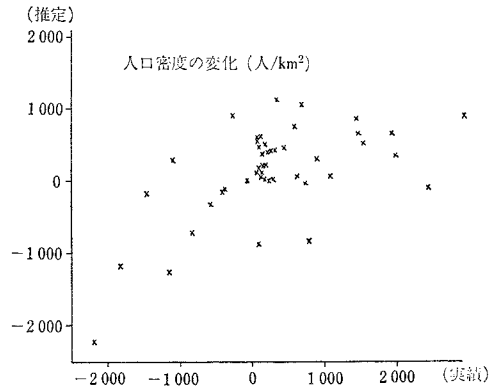


図-8 (a) 夜間人口の推定値と実績値

表-10 活動分類別モデルの適合性

活動分類	回帰モデルの重相関係数	連立方程式の解と実績の密度変化との相関係数	昭和 50 年の人口数の推定値と実績値との相関係数
夜間人口	0.779	0.558	0.978
1次産業従業者	0.831	0.830	0.988
2次産業従業者	0.713	0.709	0.991
3次産業従業者	0.930	0.910	0.999
公務従業者	0.948	0.932	0.998

表-9 活動別回帰方程式

被説明変数	モデル式								重相関係数			
夜間人口密度変化 (ΔA^P)	72.04	-1.014	3.47	13.1	-1.004	0.273	0.226	-0.435	1.09	-286.3	0.799	
	(17.59)	(4.93)	(5.60)	(12.21)	(7.58)	(9.29)	(13.08)	(7.85)	(3.62)	(2.30)		
1次産業密度変化 (ΔA^{E1})	-0.0134	ΔA^{E2}	-0.000701	ΔA^P	-0.202	ΔA^{E1}	-0.00220	ΔA^{E2}	+2.764		0.831	
	(2.91)		(3.87)		(25.11)		(2.76)		(3.04)			
2次産業密度変化 (ΔA^{E2})	-0.0972	ΔA^P	+5.19	ΔA^{E1}	-0.347	ΔA^{E2}	+0.106	ΔA^{E3}	+0.0487	ΔA^{E4}	-0.0893	0.713
	(3.02)		(2.35)		(6.82)		(6.00)		(3.68)		(3.24)	(1.80)
3次産業密度変化 (ΔA^{E3})	1.57	ΔA^{E4}	-0.728	ΔA^{E1}	-0.119	ΔA^{E2}	+0.671	ΔA^{E3}	+0.200	ΔA^{E4}	+48.9	0.930
	(17.96)		(5.02)		(7.32)		(18.47)		(4.01)		(1.93)	
公務密度変化 (ΔA^{E4})	-0.847	ΔA^{E1}	+0.120	ΔA^{E2}	-0.0114	ΔA^P	-0.00874	ΔA^{E3}	+0.0301	ΔA^{E4}	+0.0444	0.948
	(5.16)		(11.03)		(10.23)		(7.99)		(3.43)		(13.27)	(34.46)
												(2.96)

() 内 t 値

り、いずれの方程式も密度増減タイプと比較して重相関係数は低い。これはモデルタイプの比較の1例であるが、今後、変数および関数型のさまざまを組み合わせに關しての分析が必要であろう。

(2) モデルの適用

上記モデルの適用例として、仙台都市圏を対象に交通

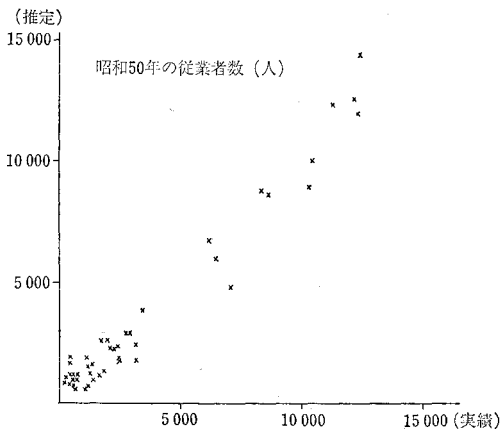
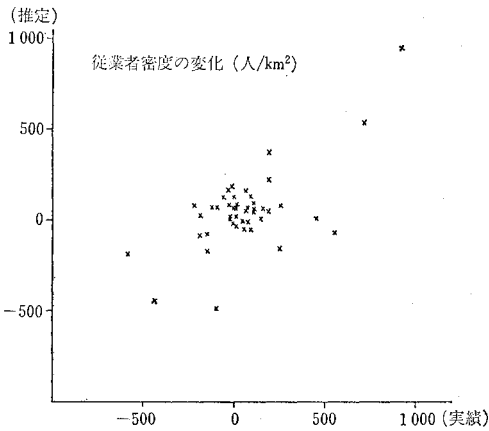


図-8 (b) 第3次従業者の推定値と実績値

施設の整備による交通および各種人口分布の変化に関する検討の概要を示す。

a) 検討の方法

昭和50年を基準年とする交通および各種人口分布が交通施設ネットワークの代替案によってどのように変化するか3年ごと、4期間について算定する。さきにも示したとおり、モデルの安定性に関する分析のうえにたった検討が必要と考えるが、本検討はモデルの適用上の問題を明らかにするための1つの実験として位置付けるものである。算定のプロセスは図-9に示すとおりである。すなわち、基準年次の交通目的別・手段別パーソトリップ OD 表、各種人口分布、および、各時点別の交通ネットワーク、都市圏全域の各種人口別のコントロール・トータルを与えて、3年ごとの交通フローと人口分布を算出する。この適用例では大規模開発(大規模住宅開発、工業団地等)の計画は特に考慮していない。考慮する場合は、コントロール・トータルから大規模開発計画人口を先取りし、残りの人口数をコントロール・トータルとして扱う。

b) 算定のケース

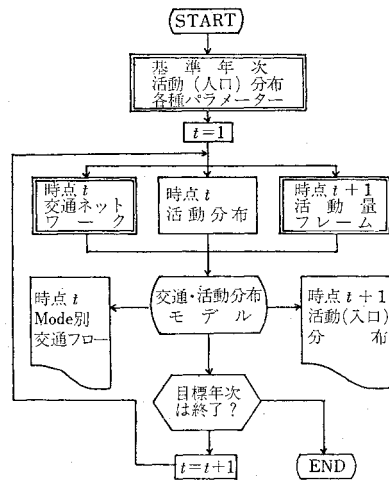


図-9 モデルの適用のための算定フロー

表-11 EMPIRIC 型変数による回帰方程式

被説明変数	モデル式									重相関係数								
夜間人口シェアの変化 (ΔA^P)	1.48	ΔA^{E1}	0.283	ΔA^{E3}	0.140	ACS^{E2}	-0.284				0.701							
	(5.90)		(2.05)		(2.39)	(2.18)												
1次産業シェアの変化 (ΔA^{E1})	0.312	ΔA^P	0.0647	ΔA^{E2}	-0.228	ΔA^{E3}	0.0634	A^P	-0.0539	A^{E2}	0.135	A^{E4}	-0.0470	0.706				
	(6.78)		(1.97)		(3.44)		(3.05)		(3.47)		(2.66)	(1.20)						
2次産業シェアの変化 (ΔA^{E2})	-0.530	ΔA^P	1.337	ΔA^{E1}	0.745	ΔA^{E3}	-0.318	A^P	0.471	A^{E2}	-0.194	A^{E3}	0.084	0.569				
	(2.05)		(2.19)		(2.67)		(3.54)		(5.29)		(4.55)	(0.51)						
3次産業シェアの変化 (ΔA^{E3})	0.151	ΔA^{E2}	0.117	ΔA^{E1}	0.181	A^P	-0.162	A^{E2}	0.173	A^{E3}	-0.0880	A^{E4}	-0.483	ACS^P	0.431	ACS^{E2}	-0.107	0.752
	(2.53)		(5.41)		(2.82)		(3.34)		(4.03)		(3.75)		(2.11)		(2.16)	(0.77)		
公務シェアの変化 (ΔA^{E4})	-0.743	ΔA^{E2}	2.99	ΔA^{E3}	1.33	A^{E2}	-2.33	A^{E3}	0.888	A^{E4}	1.49	ACS^P	-5.74	ACS^{E2}	4.65	ACS^{E3}	-0.571	0.937
	(2.36)		(5.07)		(3.02)		(6.08)		(14.01)		(2.15)		(2.43)		(2.35)	(0.75)		

() 内 t 値

昭和 50 年の基準ネットワークをもとに地下鉄の整備（図-10）、環状線主体の道路整備（図-11）、および放射線主体の道路整備（図-12）という 3 つの整備パターンを設定し、これらの組み合わせから 5 ケースについて算定した。算定のケースは 図-13 に示すとおりである。ここで基本ネットワークは 図-10~12 における基準の道路および鉄道を中心に現況道路網を組み合せたネ

ットワークである。また、昭和 62 年まで新規の交通施設整備がされないケース 1 を除き、すべての整備対象ネットワークは昭和 56 年に供用するものとした。したがって、この新規交通施設の整備によって交通フローは昭和 56 年から、また、人口分布は 3 年後の昭和 59 年から影響を受けることとなる。

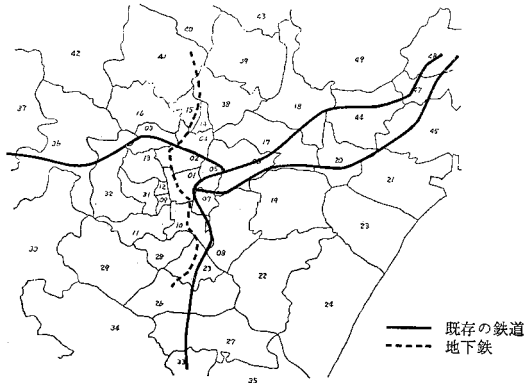


図-10 検討対象鉄道網

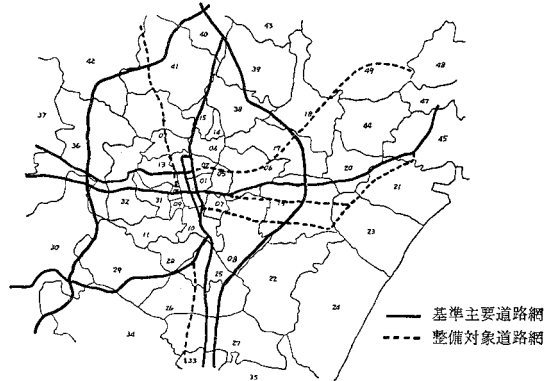


図-12 検討対象道路網（放射型）

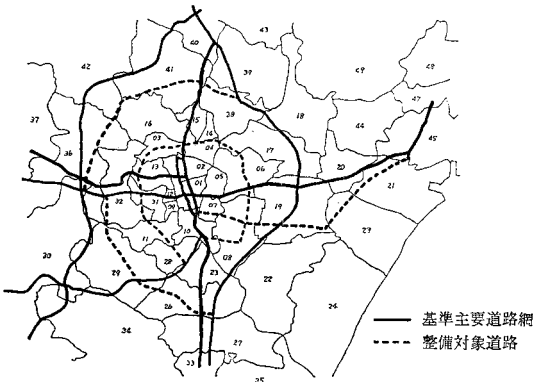


図-11 検討対象道路網（環状型）

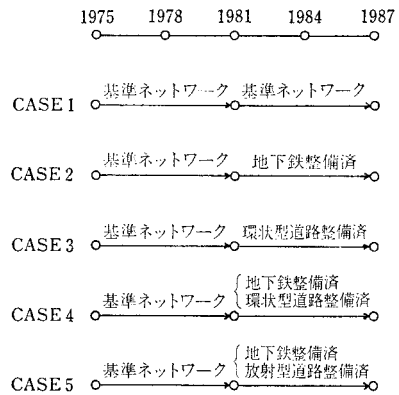


図-13 算定ケース別ネットワーク

表-12 算定ケース別トリップ数，トリップ人・時の比較

	1975		1987											
	基準ネットワーク		CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4		CASE 5			
	トリップ数	トリップ人・時	整備なし	トリップ数	トリップ人・時	地下鉄整備	トリップ数	トリップ人・時	環状型道路整備	トリップ数	トリップ人・時	地下鉄}整備	トリップ数	トリップ人・時
WALK	1 003 (40.5)	263 (1.00)	1 272 (39.2)	311 (1.18)	1 271 (39.1)	310 (1.18)	1 232 (38.0)	318 (1.21)	1 234 (38.0)	318 (1.21)	1 229 (37.9)	316 (1.20)	1 229 (37.9)	316 (1.20)
CAR	758 (30.6)	168 (1.00)	947 (29.1)	276 (1.64)	946 (29.1)	276 (1.64)	1 034 (31.8)	256 (1.52)	1 031 (31.7)	256 (1.52)	1 041 (32.0)	259 (1.54)	1 041 (32.0)	259 (1.54)
BUS	435 (17.6)	238 (1.00)	438 (13.5)	285 (1.20)	406 (12.5)	268 (1.13)	443 (13.6)	275 (1.16)	414 (12.7)	260 (1.09)	400 (12.3)	255 (1.07)	400 (12.3)	255 (1.07)
RAIL	281 (11.3)	229 (1.00)	593 (18.2)	443 (1.93)	627 (19.3)	453 (1.98)	541 (16.6)	404 (1.76)	571 (17.6)	410 (1.79)	580 (17.8)	419 (1.83)	580 (17.8)	419 (1.83)
TOTAL	2 478 (100.0)	898 (1.00)	3 250 (100.0)	1 315 (1.46)	3 250 (100.0)	1 307 (1.46)	3 250 (100.0)	1 251 (1.39)	3 250 (100.0)	1 244 (1.39)	3 250 (100.0)	1 249 (1.39)	3 250 (100.0)	1 249 (1.39)

注) トリップ数：千トリップ，() 内手段階構成 (%)。
トリップ人・時：千トリップ人・時，() 内対 1975 年比。

c) 算定結果の概要

算定結果としてケース別、年次別（3年ごと）にゾーン別各種人口数および交通目的別、手段別パーソントリップ OD 表等の交通状況がアウトプットされる。

表-12 は昭和 62 年におけるケース別の交通手段別トリップ数およびトリップ人・時を示す。これらの結果からは次のような傾向をみることができる。

- i) トリップ数は現況を除きすべて同じであるが、総トリップ人・時でみる場合、地下鉄と環状線主体の道路線整備を組み合わせたケース 4 がもっとも少なく、基準ネットワークのままのケース 1 においてもっとも多い。
- ii) 自動車トリップ数は道路整備の行われるケースで多いが、反対にトリップ人・時では少なくなる。
- iii) バス・トリップは環状線主体の道路整備のみ行われるケース 3 でもっとも多く、地下鉄と放射線主体の道路整備を組み合わせたケース 5 でもっとも少ない。ケース 5 はトリップ人・時についてもっとも少ない。
- iv) 鉄道トリップはトリップ数、トリップ人・時ともに地下鉄のみ整備するケース 2 がもっとも多く、反対

に環状線主体の道路整備のみ行うケース 3 がもっとも少ない。

次に、昭和 65 年の各種人口分布についてみると、いずれのケースも都心部指向的なパターンを示しているが、おのおの分布パターンには特色をもつ。ここではそれらの 1 例として昭和 62 年における夜間人口および第 3 次従業者の分布について算定ケース間を相対比較した結果の 1 例を 図-14, 15 に示す。これらの結果から次のような傾向を読むことができる。

- i) 基準ネットワークのままであるケース 1 と環状線主体の道路整備のみを行うケース 3 を比較すると、ケース 3 の方が都心ゾーンの周辺部および環状線沿いのゾーンで夜間人口が多く、また、第 3 次従業者は都心を含む東側の地域でケース 1 と比較して多く分布する傾向にある（図-14 参照）。
- iii) 地下鉄に放射線主体の道路整備を組み合わせたケース 4 および環状線主体の道路整備を組み合わせたケース 5 を比較すると、夜間人口についてはケース 5 の方が人口分散型となり、第 3 次産業についてはケース 4 の方が

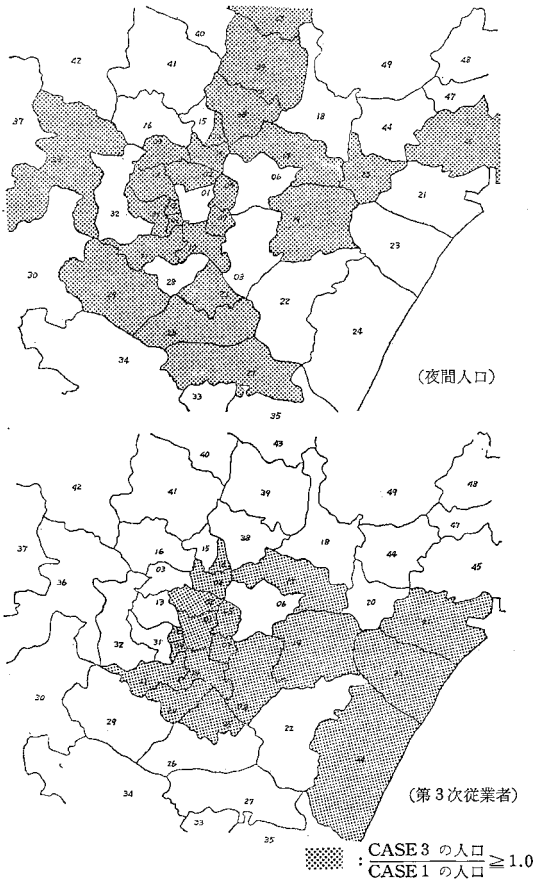


図-14 1987 年における活動分布の比較 (CASE 1 と CASE 3)

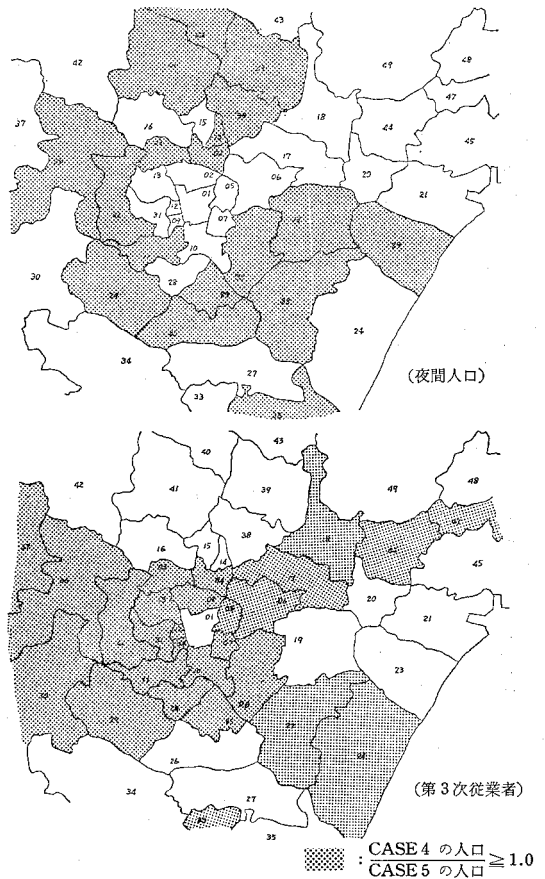


図-15 1987 年における活動分布の比較 (CASE 4 と CASE 5)

都心ゾーンに集中し、その周辺の比較的広い地域でケース5の方が従業者が多く分布する傾向がみられる(図-15参照)。

これらの傾向をどのように解釈し、それをどのように交通施設整備計画において評価し、計画に反映させるかは本論文の主要な課題ではないが、都市交通計画をダイナミックにとらえていくうえで重要な情報として認識することができ、今後の大きな課題と考えられよう。

5. おわりに

以上、交通施設整備が土地利用パターンの変化に与える影響を動的(dynamic)に把握しつつ交通計画を行うための1つの分析モデルである「交通・活動分布モデル」を提案し、その考え方、方法、および適用性について検討を行った。

本モデルの主な特色は下記に示すとおりである。

(1) 交通フローとアクセシビリティを媒体として交通施設と土地利用で営まれる各種活動(人口指標で表わす)の相互作用を動的な関係として定式化し、それに基づくモデルを組み立てた。

(2) 従来の交通需要予測モデルにアクセシビリティ・モデルおよび活動分布モデルを結合し、交通と活動分布の変化を両者の相互作用を考慮しつつ時系列的に分析できるモデルとした。

(3) 交通フローを予測する交通モデルと活動(各種人口)分布を予測する活動分布モデルをアクセシビリティ・モデルによって明示的に結合した。

(4) 活動分布モデルは都市圏内の各種活動分布の変化を、それらを規定するであろう各種要因の指標によって統計的に説明しようとするもので、考え方は基本的にEMPIRICモデルと同じであるが、EMPIRICモデルのもつ問題点を考慮しつつ、各都市圏に適したモデルのタイプを選択し得るよう汎用性をもたせた。

本モデルを仙台都市圏に適用し、比較的単純化したモデルを作成し、モデルの運用を試みた。その結果、この「交通・活動分布モデル」は十分に実行性をもつことが明らかにされ、交通施設整備が活動分布に与える影響を考慮した交通計画・施設整備プログラム等を考えるうえで有効な計画情報を得ることの可能性が示された。しかし、同時に、今後検討されねばならない課題を多く残しており、それらの主要な項目を以下に示す。

- ① 交通モデルの簡素化
- ② 活動分布モデルにおける説明変数の選択、関数形
- ③ 活動分布モデルの安定性のための分析
- ④ 適用し得る都市圏の規模、および分析のための適正なゾーン規模

⑤ 交通施設整備による活動分布の変化に対する評価

最後に、本研究を進めるにあたり多くの助言と協力をいただいた渡部と四郎、黒川 洸、細田八衛の各氏、および本論文をとりまとめにあたり大塚全一早稲田大学教授に御指導を受けたことをここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Creighton, R.E. : Urban Transportation Planning, Univ. of Illinois Press, 1970.
- 2) Marchin, B.V. ほか : Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Area Transportation, M.I.T. Press, 1961.
- 3) Robers, P.O. : Model Systems for Urban Transportation Planning; Where Do We Go From Here?, H.R. R. No. 309, 1970.
- 4) Michel, R.B. and Rapkin, C. : URBAN TRAFFIC A Function of Land Use, Columbia Univ, Press, 1954.
- 5) Lowry, Ira S. : A Model of Metropolis, RM-4035-RC, RAND Corporation, 1964.
- 6) Crecine, J.P. : A Dynamic Model of Urban Structure, P-3734, RAND Corporation, 1968 (「都市構造のダイナミックモデル」建設省官房政策課訳)。
- 7) Goldner, W. : Projective Land Use Model (PLUM), BASTIC Technical Report 219, Bay Area Transportation Study Commission, 1968.
- 8) Hill, D.M. : A growth allocation model for the Boston region, Jour. of American Institute of Planners, May 1965.
- 9) Hervert, J.D. and Stevens, B.H. : A Model for the Distribution of Activity in Urban Areas, Jour. of Regional Science, II No. 2, 1960.
- 10) JOB PEOPLE AND LAND : Bay Area Simulation Study (BASS), Special Report No. 6, Inst. of Urban and Regional Development, Univ. of California, 1968.
- 11) Ingram, G.K. ほか : The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model, National Bureau of Economic Research, 1972.
- 12) Kilbridge, M.D. ほか : A Conceptual Framework For Urban Planning Models, Management Science Vol. 15, No. 6, 1969.
- 13) Goldner, W. : The Lowry Model Heritage, Jour. of American Inst. of Planner, March 1971.
- 14) Batty, M. : Urban Modelling, Cambridge Univ. Press, 1976.
- 15) Putman, S.H. : Urban Land Use and Transportation Models, A State of the Art Summary, Transportation Reserch, Vol. 9, 1975.
- 16) Lee, D.B. : Requiem for Large Scale Models, Jour. of American Inst. of Planner, May 1973.
- 17) Mackett, R.L. : A Dynamic Activity Allocation Transportation Model, Urban Transportation Planning, ABACUS Press. 1977.
- 18) Protection of Highway Utility, N.C.H.R.P. Report No. 121, H.R.B. 1971.
- 19) Rama Sastry, M.V. : Some Computer Models of Urban Transportation Systems, Traffic Quarterly, Apl. 1973.
- 20) Manheim, M.L. : Search and Choice in Transport System Analysis, H.R.R. No. 293, 1969.
- 21) Blunden, W.R. : The Land-Use/Transport System, Analysis and Synthesis, 1971 (「交通システム分析」村中 聖訳, pp. 1)。

- 22) 浅野光行：都市内道路整備による旅行時間の变化と人口分布への影響に関する一考察，学術研究発表論文集第11号，日本都市計画学会，1976.
- 23) 浅野光行：交通量の予測，第17回交通工学講習会テキスト，交通工学研究会，1975.
- 24) 佐佐木 綱：都市交通計画，国民科学社，1974.
- 25) OECD 道路研究委員会編，太田勝敏・杉恵頼寧共訳：都市交通モデルの簡略化，運研センター，1976.
- 26) Hansen, W.G. : How Accessibility Shape Land Use, Jour. of American Institute of Planner, Vol. 32, May 1959.
- 27) 渡部与四郎：業務交通体系論，技報堂，1975.
- 28) 棚橋一郎・浅野光行ほか：土地利用の評価および予測とアクセシビリティの計量に関する考察（I），都市計画，No. 57, 1969.
- 29) Hill, D.M. ほか：Prototype Development of Statistical Land-Use Prediction Model for Greater Boston Region, H.R.R., No. 144, 1965.
- 30) Irwin, N.A. and Brand, D. : Planning and Forecasting Metropolitan Development, Traffic Quarterly, Oct. 1965.
- 31) Hill, D.M. and Brand, D. : Methodology for Developing Activity Distribution Models by Linear Regression Analysis, H.R.R. No. 126, 1966.
- 32) Brand, D. ほか：Technique for Relating Transportation Improvemens and Urban Development Patterns, H.R.R. No. 207, 1967.
- 33) Lowry, Ira S. : Seven Models of Urban Development ; Structural Comparison, H.R.R. Special Report, No. 97, 1967.
- 34) 浅野光行：都市圏における各種人口分布の変化と交通条件の対応に関する一考察，学術研究発表論文集第12号，日本都市計画学会，1977.
- 35) 円山由次郎：需要予測と計量経済分析，日本生産性本部，1970.
- 36) 奥野忠一・久米 均，ほか：多変量解析法，日科技連.
- 37) 仙台都市圏パーソントリップ調査協議会：昭和50年度仙台都市圏パーソントリップ調査報告書（交通計画編），1976.

(1978.5.23・受付)