

## 都市道路交通・環境シミュレーションシステム とその適用について

DYNAMIC SIMULATION SYSTEM OF URBAN ROAD TRAFFIC  
AND ENVIRONMENT

堀 江 清 一\*・関 根 憲 一\*\*・今 西 芳 一\*\*\*  
By Seiichi HORIE, Kenichi SEKINE and Yoshikazu IMANISHI

### 1. はじめに

都市の交通は自動車専用道路のように高速・大量性に富んだものから、住居などへのアクセスを主目的にしたような地先道路まで多様である。それらはそのおのの機能を果たしつつ相互に連係して道路交通体系を形成している。また、それら道路は交通処理機能ばかりでなく、道路に縁どられた地区を形成する機能ももっており、地区形成は、道路に大きく依存しているといえる。一方では、道路の配置計画や道路の機能はそれをとりまく地区の影響を大きく受けている。

これらのことから、都市部における道路計画においては道路と周辺地区の間の整合性が特に重要な評価要素となっている。今日、都市部では交通渋滞のみならず交通事故、騒音、大気汚染あるいは振動などの問題が発生している。このため都市部の道路計画においては、交通処理上の問題と同時に地域の土地利用状況を勘案した検討を行うことが重要である。この中でも、特に道路沿道の居住生活環境の保全あるいは整備を重視した計画が要求されている<sup>1), 2)</sup>。

都市部の道路網は地方部に比べ非常に密であり、また幹線的な道路に比べ街路や地先道路のような小規模道路が非常に高い割合を占めている。居住生活環境が特に重視されなければならない住居系地区は、これらの道路の中でも特に小規模道路の比率が高いのが普通である。そしてさらにそれらの道路は、特定方向だけでなく面的といえるような広がりをもった配置となって、各地区から周辺の各方向への流動が可能となっている場合が多い。

一方都市部における道路の1日の交通流動をみると、時間的にも、位置的にも変化に富んでいるものとなって

いる。これらの様相は、交通需要の量的な変動と道路状況に関係しているが、特に交通需要の大きい朝、夕には非常に流動的なものである。

以上に述べたような都市部の道路および交通状況は、道路利用者へのサービス水準に影響を与えるだけではなく、道路にかかる居住環境に直接的な影響を及ぼすものである。このため道路網計画の検討や評価においては、これら道路、交通の特質を反映させたものとすることが望まれる。本論文は、都市部における道路計画を交通流と居住環境の面から分析・評価することを目的としたシミュレーションシステムの考察と、そのモデルによるケーススタディについて述べるものである。

### 2. 本研究の視点

道路計画において道路網の問題点や特徴を解析する際に、従来一般に用いられる方法としてネットワークシミュレーションによる方法があり、さまざまな道路網を対象に用いられてきた。このシミュレーションの結果から交通量を算定し、道路交通状況の推定や道路構造の検討あるいは、道路沿道の環境調査を行うわけである。

この場合、対象とする道路網が可能な限り詳細に表現されるようにネットワークを作成するが、それらネットワーク化される道路は、地域のゾーニングの大きさとシミュレーションにおける電子計算機の負担を考えると、主要道路を中心としたものにならざるを得ない。また道路網を忠実に表現するような詳細なネットワークの表現をしても、それは他の関連データやモデル化の制約からシミュレーションが必ずしも交通流の正確な表現を保証することにはならない。

都市部では、一般街路のような非幹線的な道路も自動車交通に活発に利用されている。かつ前述のようにこれら非幹線道路沿線には、住居系土地が多く配置されており、環境面の影響を考慮した道路計画を立案するうえで

\* 正会員 工修 (株)長大橋設計センター副長

\*\* 正会員 工修 (株)長大橋設計センターメンバーチーフ

\*\*\* 正会員 工修 (株)長大橋設計センターメンバーチーフ

特に配慮が要望されるところである。さらに、交通現象は時間的に変化し、交通隘路となる道路や地区も時間的に変化している。この状況は道路網と交通需要の関連を示すものであり、道路網計画の有効な情報である。しかし前述した従来用いられているシミュレーションモデルの場合、いわゆる容量制約付OD分割法でも交通流の空間的、時間的な変動を表現しようとするものではない。

道路計画の評価を、交通流と道路交通にかかる居住環境の面から行ううえで、本研究は以上に述べた考察から次のような視点を設定した。

- 道路計画の評価を、交通流動と居住環境（大気汚染、騒音、交通事故）の面から同時にとらえることにより、両者の関連を分析できるモデルを作成すること。
- 対象道路を主要道路だけでなく、一般街路や小規模道路を取り入れ、これら道路の周辺土地利用と関連させて都市部道路網の特徴を表現すること。
- 評価は個々の道路、地区だけでなく、他地区との関連や周辺土地利用との関連で行うこと。
- 交通モデルは、交通状況が時間的、空間的に変動する状況を小時間ステップでシミュレートする動的なものとし、これを環境状況の推計に反映すること。

### 3. 都市交通・環境シミュレーションシステムの概要

本システムは、道路交通モデルと道路環境モデルから構成されている。前者においては約2~5分間ごとの時系列的な交通状況を表現し、後者ではその交通状況に基づき大気汚染、騒音状況および交通事故を推計する。図-1に全体構成を示し、以下にその概要について述べる。

#### (1) 交通モデル

- 道路網は、自動車専用道（以下、専用道と記す）、国道のような主要幹線的な道路（同、主要道）、その他おもな都市計画道路のような幹線的な道路（同、他主要道）およびその他街路、細街路（同、細・街路）の4つの道路種類に分類される。
- トリップは、各ゾーンごとに時間帯別トリップ発生率に基づいて小時間ごとに発生し、最短経路によるルートを目的地に向かって進む。
- 進行中の車は、その経路の交通状況により小時間ごとに走行速度や選択する道路種類を決定し進行する。目的地に到着した車は道路網から消去される。

#### (2) 環境モデル

- 対象とする環境質は、前記の3種類であり、騒音

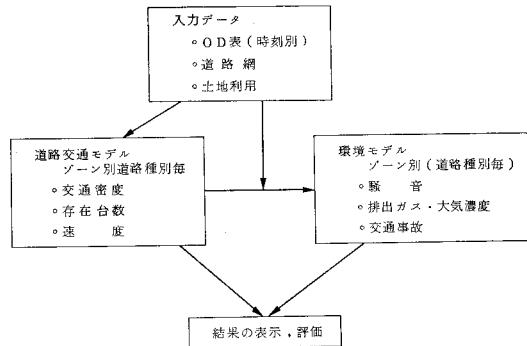


図-1 全体システム

レベル、排出ガス量と大気汚染は、任意の時点で推計する。交通事故件数は年間における値を推計する。

- 各環境質は、沿道および各ゾーンの土地利用および道路種類ごとに把握する。

#### (3) 評価項目

交通流動は任意の時刻における交通密度やある時間内の走行台キロにより、騒音では騒音レベルが一定値を超える面積を、大気汚染では排出ガス量や大気濃度をゾーン別、土地利用別に算出する。交通事故は一定期間中の件数を推計し、これら項目の関連を把握する。

#### 4. 都市交通モデル<sup>3)</sup>

種々の道路が存在する道路網において時間的に変化する交通流を表現する交通モデルを作成した。

本モデルでは、都市域をいくつかにゾーニングしトリップはある小時間ごとに各ゾーンから発生し、それらの目的地へ向かって交通状況に応じて道路種類を選択して、その方向の隣接ゾーンを経て流動する。そして目的地に到着したトリップは、消去されるという考え方に基づいてモデル化を行っている。

##### (1) 道路網の表現

ゾーン間の交通流動は、ゾーン内道路とそのゾーンに隣接するゾーンに接続している道路（ゾーン間道路）を利用して行われると考えることができる。交通流動は、これら道路の交通状況・道路状況の影響を受けることになる。

これら道路は、都市域では道路密度が高いためゾーン内道路だけでなく隣接ゾーンへの道路も複数存在するのが一般的である。これら道路は3.において述べたように4分類され、各分類道路ごとにまとめてゾーン間道路、ゾーン内道路として表-1に示すように表現される。つまり、ゾーン間道路は、隣接ゾーン間の主要な道路の方向に合わせてゾーン間の流動に供せられる道路の

### 道路種別ごとの合計幅員(車線)

だけで表わす。

ゾーン内道路は、ゾーン内の細・街路以外の道路を、先に決めたゾーン間主要道路方向別に車線別に合計本数、延長および面積で表わす。このとき、各道路は隣接ゾーンに接続している断面位置によって、いずれかのゾーン間道路方向に振り分けられる。細・街路はすべて2車線道

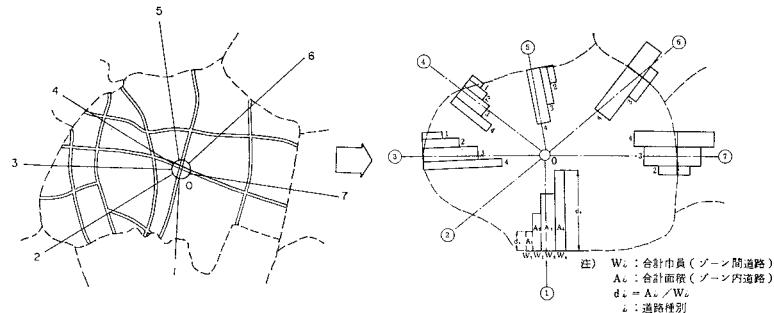


図-2 道路のモデル化

表-1 道路データ

(1) ゾーン間道路

道路種別	ゾーン(i-j)間 道路幅員
専用道	$W_{ij_1}$
主要道	$W_{ij_2}$
他主要道	$W_{ij_3}$
細・街路	$W_{ij_4}$

(2) ゾーン内道路

沿道土地利用 幅員 道路種別	住居地域			商工業その他		
	$W_1$	$W_2$	.....	$W_1$	$W_2$	.....
専用道	$n_1 d_1 / a_1$	$n_2 d_2 / a_2$	.....	$n_1' d_1' / a_1'$	$n_2' d_2' / a_2'$	.....
主要道	.....	.....	.....	.....	.....	.....
他主要道	.....	.....	.....	.....	.....	.....
細・街路	本数および延長			本数および延長		

$d$ ,  $a$ : 延長、面積

$n$ : 道路本数  $\approx a/Wd$

路としてその本数および延長で示している。つまり道路網は、隣接ゾーン間の流動容量を規定するゾーン間道路とその方向のゾーン内道路の容量によって表現されている。なおゾーン内道路の沿道を住居地区とその他地区に分類しているのは、環境モデルにおける評価のためである。このデータは、細・街路以外は道路図から収集し、細・街路はゾーン内の住居、その他地区面積比で配分する。

道路網は、交通流動の上・下方向の差異をとらえるため上・下2方向に分離されている。ただし本モデルにおいて交通の上・下方向の流動状況のモデル化は、まったく同じものである。以下の記述で特に区別しない限りそれらは、上・下方向共通に成立するものである。

この道路網は、図-2に示すようにゾーン中心とゾーン境界の間のゾーン内道路を1区間(以下、道路区間と記す)とすることによって表現でき、次のような情報をもつネットワークとして設定されている。

#### a) ノード属性

当該ゾーンのゾーン内道路情報・交通情報を示すものである。道路区間、方向、種類別道路面積・存在台数・走行速度を属性としてもつ。

#### b) リンク属性

直接アクセスが可能な隣接ゾーン断面における道路・交通情報を示すものである。3つの属性、すなわちゾーン間距離、道路種類ごとゾーン間道路幅員、および隣接両ゾーンのゾーン内道路の速度の平均値(以下、アクセス速度と記す)をもつ。

#### (2) 走行状況の決定

本モデルで交通は、各時点の交通状況に応じて挙動する。また、存在している車は、走行中のものであり目的的に到着した車は消去される。このことから交通流の走行状態を走行速度  $V$  (km/h) と交通密度  $D$  (台/方向/車線/km) で表わす。両者は  $D-V$  式によって関連づけられ、ゾーン内道路の走行速度が決まる。本モデルにおいて用いた  $D-V$  関係式は 図-3 のようである。

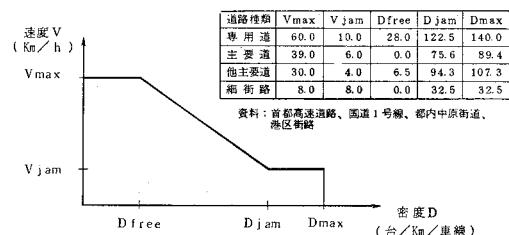


図-3 密度-速度関係式( $D-V$ 式)

#### (3) 経路の決定

トリップはアクセス速度によるゾーン間時間最短経路を選択するものとする。この経路探索は、運転者はトリップの途中においても交通状況の変化によって、当初設定された経路を変更する可能性をもつと考え、一定時間ごとに実施される。各ゾーンに存在する進行中の車は、この選択経路に基づき、それまでの経路とは独立に目的地ゾーンへ進行することになる。なお、この経路は OD 間の両ゾーンを発着地として、つまり上・下方向別に設定される。

#### (4) 交通の流動

本モデルは全トリップの流動を対象としており、いわゆるゾーン内々、内外、外々トリップの区分はされない。また、これらトリップの扱いは特に区別しない限り共通である。

交通の流動は、進行方向にある隣接ゾーンへの流動とその量をゾーン内道路区間へ流動させることによりなされる。この流動は、シミュレーションの時間ステップ  $\Delta T$  ごとに行われる。 $\Delta T$  は各時刻における全隣接ゾーン間の所要時間の最小値とする。よって、 $\Delta T$  は時刻ごとに変化する。ここである時刻  $t$ においてゾーン内道路に存在している交通量を存在台数、 $\Delta T$  間にゾーン境界や道路区間を移動する量を流動量（流入、流出量がある）と定義し、以下において用いるこれらの表記法を表-2に整理しておく。

表-2 主要変数、添字の表記法

	存在台数	流動量 (変化量)	添 字
最 目 的 地 別	$E_{IJl}$	$AE_{IJl}$	$I$ は流入直前存在ゾーン、 $J$ は最終目的地、 $l$ はトリップ長ランク ( $1, 2, \dots, n$ )
道路区間	$M_{ikl}$	$AM_{ikl}$	$i$ は道路区間、 $k$ は道路種類 (1 ~4)

注 1) 添字について合計値を示す場合は

$$E_{Jl} = \sum_I E_{IJl} \text{ のように . } \text{で示す。}$$

2) 添字について無関係に成立する場合はその添字を省略し  $AM_{kl} = AM_{ikl}$  のように示す。

### a) ゾーン間の流動

ゾーン間流動量は当該ゾーンを中心に隣接ゾーンとの間の流動によって表わす。たとえば、図-4においてゾーン  $A \rightarrow B \rightarrow C$  の経路をとり、ゾーン  $B \rightarrow A$  から  $\Delta T$  間に流動する量  $SQ$  は、道路種類  $k$ 、トリップ長ランク  $l$  ごとにゾーン間道路幅員  $W_k$  により次の基本式により算出する。

$$SQ_{kl} = W_k D_{kl} V_k \Delta T \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $D$  は隣接両ゾーンの平均密度、 $V$  はアクセス速度である。なお、トリップ長ランク  $l$  の必要性については分担モデルの項で述べる。式(1)は  $A \rightarrow B \rightarrow D$ 、 $D \rightarrow B \rightarrow A$  など他経路の場合にも同様に成立するものである。

### b) ゾーン内道路区間への配分

式(1)による交通量  $SQ_{kl}$  は、図-4に示すゾーン  $B$  内で走行経路にあたる各区間に配分される。つまり、前述の  $A \rightarrow B \rightarrow C$  の場合には区間 2, 3 に配分される。ここで、本モデルでは道路を 4 種類に分類しているが、各道路区間にその全種類が存在しているとは限らない。よって表-3に示す道路間移動優先順位を設定し、異種道路間の乗り移りを行ってゾーン内道路区間  $i$  に配分される流動量  $AM_{ikl}$  を算出する。

隣接道路区間が同一道路種類の場合には、同一道路区間内の交通状況は均質であると仮定する。 $\Delta T$  間にゾーン

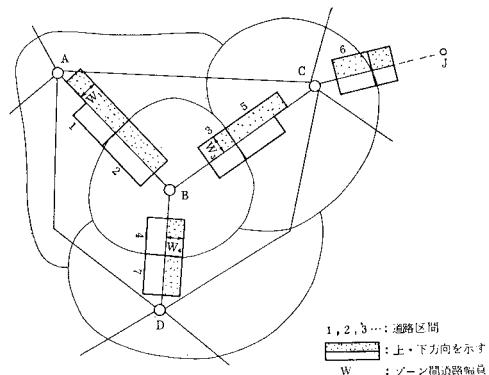
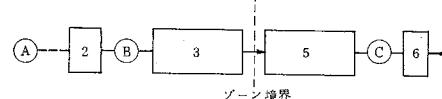


図-4 ゾーン間・ゾーン内道路

表-3 道路間移動優先順位

ト リ 分 類	下流側道路 (3 または 6)			
	専用道	主要道	他主要道	細・街路
上 流 側 道 路 (2 ま た は 5)	専用道 短 長	1 1	2 2	3 3
	主要道 短 長	4 3	1 1	2 2
	他主要道 短 長	4 3	2 2	1 1
	細・街路 短 長	4 4	3 1	2 2



1, 2, 3: 道路区間

Ⓐ, Ⓑ: ゾーン (図4参照)

括弧内は隣接ゾーン C を目的地とするトリップ又は内々トリップ長 = 短トリップ以外

ン  $A \rightarrow B \rightarrow C$  を進む交通量はゾーン  $B$  内の区間 2, 3 のどの断面でも等しいから、断面通過量  $Q_{ikl}$  の間には

$$Q_{2kl} = Q_{3kl} \dots \dots \dots (2)$$

が成立する。いま、道路区間  $i$  に配分される交通量が  $AM_{ikl}$  であるから  $Q_{ikl}$  は次のように表わせる。

$$Q_{2kl} = (AM_{2kl}/d_{2k} W_{2k}) W_{2k} V_{2k} \Delta T \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Q_{3kl} = (AM_{3kl}/d_{3k} W_{3k}) W_{3k} V_{3k} \Delta T \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $W_{ik}$ ,  $d_{ik}$ ,  $V_{ik}$ : 道路区間  $i$ , 道路種類  $k$  の道路の幅員, 延長, 速度

また、式(1)のゾーン境界通過量  $SQ_{kl}$  は区間 2, 3 に配分されるので次式が成立する。

$$SQ_{kl} = AM_{2kl} + AM_{3kl} \dots \dots \dots (4)$$

式(2)～(4)より  $AM_{ikl}$  は次のように算出される。

$$AM_{2kl} = SQ_{kl} d_{2k} V_{3k} / (d_{3k} V_{2k} + d_{2k} V_{3k}) \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$AM_{3kl} = SQ_{kl} d_{3k} V_{2k} / (d_{2k} V_{3k} + d_{3k} V_{2k}) \quad \dots \dots \dots (5)$$

一方、隣接道路区間が異なる道路種別の場合は、表-3 の優先順位により流入道路種別を選択して区間 2, 3 に配分される。つまり、区間 2 に存在し、区間 3 には存

在しないために選択された道路種類を  $k'$  とすると、道路区間への配分は式(5)と同様に次式により得られる。

$$\left. \begin{aligned} AM_{2kl} &= SQ_{k'l} d_{2k} V_{3k'} / (d_{3k'} V_{2k} + d_{2k} V_{3k'}) \\ AM_{3k'l} &= SQ_{k'l} d_{3k'} V_{2k} / (d_{2k} V_{3k'} + d_{3k'} V_{2k}) \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (6)$$

### e) 流出と滞留

a)においてゾーン  $B$  へ流入した量はゾーン  $A$  内の走行経路上の道路区間から流出することになる。この流出量は前項と同じ方法で算出される。しかし、これら流入・流出は流入側の流入対象道路区間  $i$  において、最大収容可能量  $CP_i$  を超えない範囲内で可能である。 $CP_i$  は表-2 の最大密度  $D^k_{\max}$  に道路面積  $AS_{ik}$  を乗じて  $CP_i = \sum_k D^k_{\max} \cdot AS_{ik}$  により求められる。

道路区間においてすでに最大容量を超えており、あるいは新規の流入量によって最大容量を超える場合にはその区間に流入できない。この場合には最大容量を超える量を滞留量として流出側ゾーンに別途保存し、次の時刻からこの滞留量を優先的に流動させることにより処理する。

### d) 存在台数の算定

ゾーン境界から流入したトリップは、各ゾーン内でその属性をもとに2つの形式により整理される。すなわち流入直前存在ゾーン  $I$ 、最終目的地（以下、単に目的地と記す） $J$ 、トリップ長ランク  $l$  である存在台数  $AE_{IJIl}$  と道路区間別存在台数  $AM_{ikl}$  の2形式であり、当然ながら  $\sum_k AM_{ikl} = \sum_I \sum_l AE_{IJIl}$  の関係にある。

$AE_{IJIl}$  は式(5)または式(6)によって既知の  $AM_{ikl}$  から、次式により算出される。

$$AE_{IJIl} = (\sum_k AM_{ikl} / \sum_I E_{IJIl}) E_{IJIl} \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで  $E_{IJIl}$  はゾーン  $I$  にあり進行経路が当該ゾーン境界（図-4では  $A, B$  界界）を通り目的地  $J$  に向かうトリップ長ランク  $l$  の交通量である。よって時刻  $(t+\Delta T)$  の目的地別および区間別存在台数は次式により求められる。

$$E_{IJIl}^{t+\Delta T} = E_{IJIl}^t + AE_{IJIl} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$M_{iil}^{t+\Delta T} = M_{iil}^t + \sum_k AM_{ikl} \quad \dots \dots \dots (9)$$

これらからゾーン内総存在台数  $TE^{t+\Delta T}$  は次のように得られる。

$$TE^{t+\Delta T} = \sum_I \sum_l M_{iil}^{t+\Delta T} = \sum_I \sum_l E_{IJIl}^{t+\Delta T} \quad \dots \dots \dots (10)$$

### e) 道路種類別分担および速度決定

前項までに時刻  $t$  の交通状況のもとで時刻  $t+\Delta T$  の新たな存在台数が得られたが、この存在台数をもとにしてこの時刻の交通状況が設定される。

本モデルでは、ゾーン内の区間別存在台数  $M_{itl}$  が式(9)のようを得られているとき、区間内の道路種類間の交通状況が均衡するようにトリップを道路種類別に分担

し速度を決定する。

本モデルは次の基本的仮定のもとに構成される。

イ. 運転者は同一ゾーン、同一方向の道路種類の中から最も速度の大きい道路を選択する。

ロ. 各トリップがイの選択を行う結果、同一ゾーン、同一方向の速度は等しくなる。

ハ. 専用道を利用する場合は料金に相当する時間短縮が得られる。

ニ. 細・街路の速度は交通密度にかかわらず一定とする。利用できるトリップは当該ゾーンにトリップエンドをもつものだけとし、それは最も近接する主要道、他主要道とアクセスする。

以上の点から専用道、一般道の分担には転換率式を用いることにし、主要道、他主要道の速度は  $D-V$  式上で等しくなるような分担を行うことになる。

専用道分担率は首都高速道路の転換率式<sup>4)</sup>を参考に次式のように設定する。

$$P = \left( \frac{1}{1+T^6} - 0.05 \right) \alpha \quad \dots \dots \dots (11)$$

ここで、

$$T = (F_{UD}/V_D + F_U/V_U + R/C)/(F_D/V_D)$$

$F_D$  : 一般道利用ゾーン間距離

$F_U, F_{UD}$  : 専用道利用時の専用道、および一般道利用距離

$V_U, V_D$  : 専用道、一般道の速度

$R, C$  : 専用道料金、時間便宜

$\alpha : 0.024 F_D + 0.4186$  ただし  $\alpha > 1$  のとき  $\alpha = 1$

式(11)において  $F_D$  は本来トリップ長を用いるべきである。しかし、本交通モデルはトリップの経路はある時点に存在するゾーンから目的地までの経路だけを対象にしているため、トリップ長を得るにはそれまでの経路の距離が保存されていなければならない。全発着ゾーン間の距離表を各ゾーンごとに保存することは、計算機容量に非常に負担をかけ現実的でない。このため、計算機容量および式(11)におけるトリップ長の影響を考慮して実際のOD間距離を数ランク程度に区分して、各ランクごとにその代表値を与えて同じトリップ長としている。このランクは流動時に、式(1), (8), (9)等により常に保存されている。

次に、一般道路間の分担率は以下のように算定する。道路種類  $k$  は3種類となるから決定すべき変数はトリップ長ランク数を  $R$  とすると、次の  $(4R+6)$  個である。

道路種類別速度  $V_k$

トリップ長ランク別専用道転換率  $P_l$

道路種類別トリップ長ランク別存在台数  $M_{kl}, M_k$





化を行うことにより反映する。つまり道路敷地端 5 m の地点から平均敷地面積  $A^2(m^2)$ 、家屋密度  $\beta$ 、高さ  $h$  の家屋が配置されているものと仮定する。この仮定により家屋間隔  $B$  は家屋密度  $\beta$  と面積の関係、 $\beta = (A - 0.2A) \cdot (A - B)/A^2$  から次式により得られる。これを家屋壁と受音点間の距離とする。

$$B = A(1 - \beta/0.8) \quad \dots \dots \dots (23)$$

つまり、本モデルは受音点から道路までの間に  $[(l-5)/A]$  個の遮音壁が存在し、受音点は直近の遮音壁から  $B$  の位置にあることになる。ただし、この遮音壁の影響は

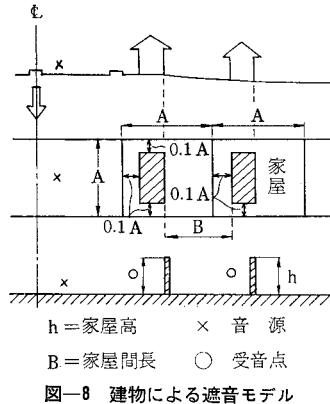


図-8 建物による遮音モデル

モデルの簡単化のために、無限長多重壁として考える。

なお家屋密度や敷地面積は、各ゾーンごとに現地資料や地図から平均的な値を設定し、建物の高さは住居地区では 2 階 (8 m)、その他地区では 4 階建 (15 m)

としている。

#### b) 交通量と車種構成

交通モデルからは道路種類別、上り、下り方向別、区間別に存在台数、交通密度、速度が得られるが、交通量は個々の道路と対応して得られていない。このため、騒音レベル計算に際して個々の道路の平均的交通状況を推定しなければならない。交通モデルより同一道路種類の同一方向、区間の交通状況は等しい。個々の道路  $j$  の方向別交通量  $q$  は交通密度  $D$ 、速度  $\hat{V}$  より算出される。

$$q_{ijk}^u = D_{ik}^u \hat{V}_{ik}^u N_{ikj}^u \quad \dots \dots \dots (24)$$

$i, k, u$  : 道路区間  $i$ 、道路種別  $k$ 、 $u$  方向 (1, 2)

$N$  : 車線数 (方向別)

よって、道路  $j$  の上・下合計の交通量  $Q$  および速度  $\hat{V}$  は次式から得られる。

$$Q_{ijk} = \sum_{u=1}^2 q_{ijk}^u$$

$$\hat{V} = \sum_u q_{ijk}^u V_{ik}^u / \sum_u q_{ijk}^u$$

次に、交通モデルにおいては車種区分は行わず全車を対象にしてきた。このため車種構成は、道路種類や地域特性を考慮し、既存の交通量データを参考に外生的に設定することにする。車種分類は式 (22) との対応から乗用車類、小型貨物車類および普通貨物車類の 3 車種とする。

#### c) 影響面積の算定

各道路沿線の受音点高さ 1.2 m の騒音レベルを、環境基準値などを参考に 50~55 dB(A), 55~60 dB(A), 60~65 dB(A), 65 dB(A) 以上の 4 ランクに区分し、その道路直角方向の範囲を 図-9 のように求める。影響面積  $A_I$  は、これらランク別直角方向範囲  $l_n$  に、ゾーンごとの各種道路延長 (表-1) を乗じ、ランク別に得る。このとき、建物密度が粗のところほど  $A_I$  が大きくなるため、評価は住居系地域に限定して、住居系地区的うちたとえば 55 dB(A) 以上の面積率を用いて行う。ただし、本モデルでは道路交差部や近接道路による複合騒音は無視している。

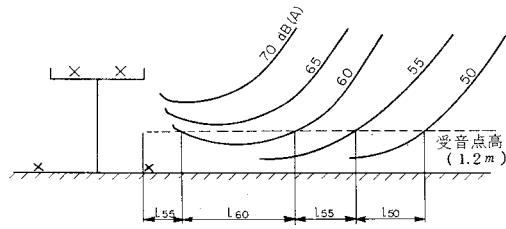


図-9 影響面積の設定

#### (2) 大気汚染モデル

本モデルはゾーン別の交通状況から排出ガス量を算出し、対象地区的気象条件のもとで全域の拡散計算を行い大気汚染濃度を推定するものである。ただし、本モデルはそれ自体では交通モデルのように時系列の大気濃度を推計せず、15 分間あるいは 30 分間のその時間帯の平均排出強度 ( $q/s \cdot km^2$ ) を算出することにより、この時間帯の平均大気濃度を推計することを意図している。

##### a) 排出ガス量の設定

車種別、速度別排出係数  $W_c^v(g/km \cdot 台)$  を表-4 のように与えると、シミュレーション時間  $\Delta T$  内のゾーン別総排出ガス量  $\Delta G(g/h)$  は道路種類別、車種別走行台キロ  $V_k M_{\cdot k} B_k^c$  を用いて次式から得られる。

$$\Delta G = \Delta T \sum_k \sum_{c=1}^3 V_k M_{\cdot k} B_k^c W_c^v \quad \dots \dots \dots (25)$$

ここで、 $B_k^c$  は道路種類  $k$  別車種  $c$  の構成率である。

この  $\Delta G$  は全域に設定された 200 m メッシュに体積換算されて、そのゾーンに含まれるメッシュに等量  $q_{ij}$  ( $cc/s \cdot ha$ ) として分配される。

##### b) 大気濃度推計モデル

表-4 排出ガス係数  
NO<sub>x</sub> (53 年規制, g/km · 台)

車種	20	30	40	50	60	80
乗用車	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.45
小型貨物車	2.57	2.50	2.49	2.44	2.33	3.55
普通貨物車	3.96	3.89	3.89	3.85	3.70	4.13

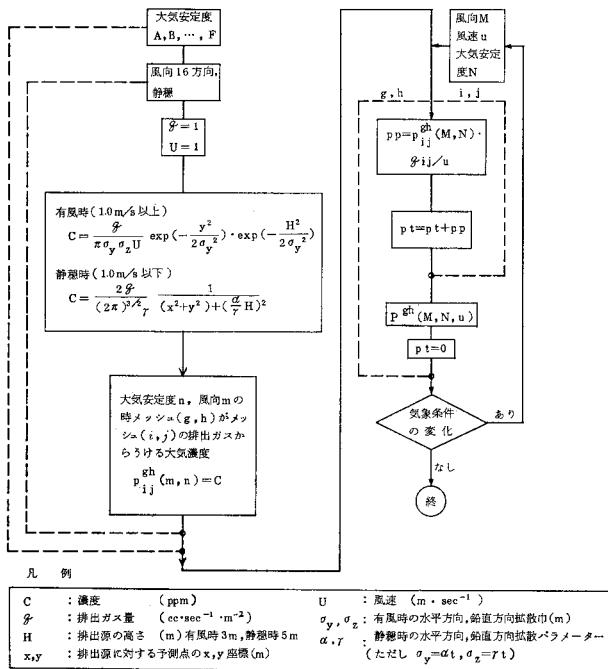


図-10 広域大気汚染推定モデル

本モデルは大気拡散にプルーム・パフモデルを用い大気濃度計算を図-10に示すフローによって行う。

図-10に示すようにメッシュ  $(i, j)$  の排出ガス量 1 単位のメッシュ  $(g, h)$  への寄与量  $P_{ij}^{gh}$  をもとに、排出量  $q_{ij}$ 、風向  $M$ 、風速  $u$ 、大気安定度  $N$  のときの濃度  $P$  を次式により得る。

$$P^{gh}(M, N, u) = \sum_i \sum_j P_{ij}^{gh}(m, n) q_{ij}/u \dots (26)$$

なお本計算に用いる有風時の拡散幅  $\sigma_{y,z}$  は、Pasquillによるパラメーター図<sup>7)</sup>によるものである。一方、風速  $1.0 \text{ m/s}$  以下を静穏時として拡散パラメーターは、Turnerによるものであり  $\alpha = \sigma_y(t=3600)/3600$ ,  $r = \sigma_z(t=3600)/3600$  として用いる<sup>8)</sup>。

### (3) 交通事故モデル

交通事故は、小時間ごとの推定は行わず年間人身事故発生件数を算出する。このためまず対象時間帯における事故件数の推計を行い、その値を年間値に拡大することにより次式から求める。

$$AN_i = 365 \times 10^{-8} S \sum_k r_k D_{ik} \dots (27)$$

$AN_i$  : ゾーン  $i$  の事故件数 (件/年)

$r_k$  : 道路種類  $k$  の事故率 (件/億台・キロ)

$D_{ik}$  : 対象時間内の走行台キロ

$S$  : 拡大率 (日発生トリップ数/対象時間トリップ数)

道路種類別事故率は既調査<sup>9)</sup>を参考に、その後の事故状況の減少動向から専用道 15, 主要道 130, 他主要道

132, 細・街路 110 と設定した。

## 6. ケーススタディ

本システムを用いて名古屋市を対象にケーススタディを行った。対象地域は名古屋市の大部分を含むものである。地域のゾーン区分は図-11に示す。ゾーン数は域内 80, 域外 20 である。また本ケーススタディの時間別発地ベース OD 表は昭和 46 年中京都市群パーソントリップ調査<sup>10)</sup>によるものである。

本ケーススタディにおけるシミュレーションおよびモデルの諸元は次のようである。

イ. 対象時間帯 午前 7 時から午前 10 時

ロ. 経路探索間隔 15 分間 (対象時間帯の平均トライップ所要時間の約 1/2)

ハ. トライップ長ランク 3 区分 (代表トライップ長は、トライップ長分布から 15 km, 30 km, 45 km)

ニ. 道路構造は図-12 に示すように類型化し、表-1 の各道路を区分した。高架道路がある場合は平面道路の中央部に路面高 15 m の 4 車線道路を配置する。

ホ. 車種構成は表-5 の値を全ゾーンに用いる。

ヘ. 時間ステップ  $AT$  2 分から 5 分間

なお、以下の出力図は図-11 の西側が上になっている。

### (1) 交通流動と検証

交通密度 (台/車線・km) によって交通流の変動状況



図-11 ケーススタディ地域 (名古屋市)

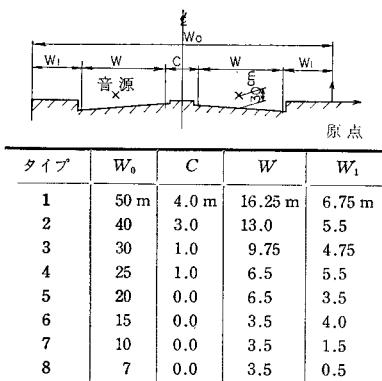


図-12 道路構造の類型化

表-5 車種構成率

車種	乗用車	小型貨物車	普通貨物車
専用道	50%	25%	25%
主要道	60	25	15
他主要道	60	25	15
細・街路	85	12	3

を図-13に示す。7時20分頃から周辺部の一部ゾーンの密度が徐々に増加していることが知れる。7時40分になるとそれらのゾーンの密度はさらに増加し、同時に他の周辺部も増加し始める。しかしこの現象は都心部には進んでおらず、むしろ周辺部へ広がっている様相がみられる。その後8時20分頃には高密度地区は、周辺部から都心部へ進んでいくが、この高密度地区は同40分になつても道路が豊富な都心部には進行しない。一方、都心部の密度は周辺地区に比べ低い。つまり、この時間帯の交通流動から判断すると、本地域では都心部周辺のゾーンが隘路となっており、相対的にみて高密度地区は、これらの地域を先頭に周辺部へ広がっている様子がみられる。なおこの後都心部は、やや増加するものの隣接周辺部に比べればその程度は低いままで推移していく。図-14に都心隣接部、中間部のおのおのゾーンの密度変化の状況を示す。

この交通モデルの結果を、実測値と比較すると図-15のようである。モデルの道路は、同一方向に同一種類の道路が複数存在する場合には、道路網の表現は個々の道路と個別には対応していない。このため、方向別にみると同一種類道路が少なく、かつ実測交通量資料の保存されている国道について比較した。実測値は建設省交通情勢調査（昭和46年）によるものであり、中ゾーン（図-11参照）から1地点ずつ選び、毎正時刻から30

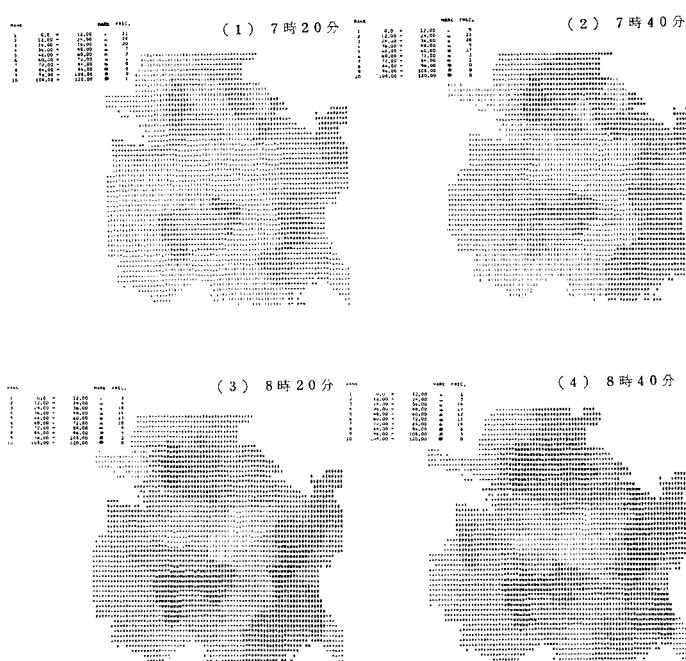


図-13 交通流動（密度、台/車線方向）

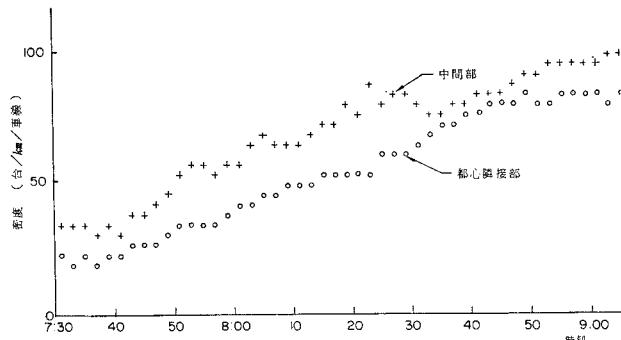


図-14 交通密度の時間変化

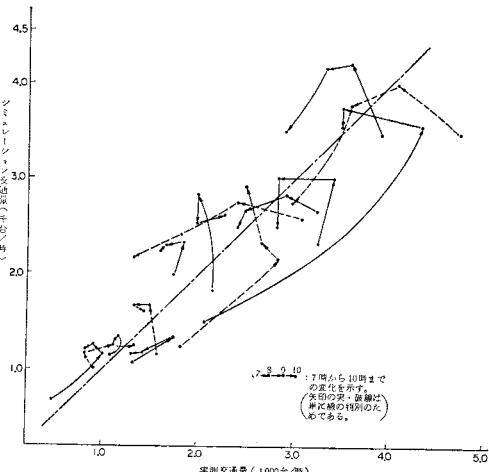


図-15 シミュレーション値と実測値の比較

分間の上・下方向合計交通量の2倍を1時間値としている。モデル値は毎正時刻の密度と速度から交通量に換算したものである。

図にみるように、個々のモデル値はほぼ実情を表現できているものと思われる。また、時系列でみると、7時にはモデル値が実測値より下回っていることが多く、その後はむしろ実測値を上回っているが、その動向をかなり表現できているといえよう。また、本項に先に述べたような時間的、空間的交通状況は名古屋市の実情を表現しているものと思われる。なお、本シミュレーションのための演算時間は、FACOM M 150 では実時間の約1/5程度である。

## (2) 環境状況

騒音および大気汚染について述べる。

### a) 騒 音

道路の沿道土地利用別にランクごとの影響面積が集計される。各ゾーンの住居系地区面積のうち55 dB(A)以上の影響面積の割合を8時および9時について図-16に示す。これら両時点の現象は必ずしも図-13に示した交通密度状況に対応していない。前述のような周辺状況の差、および交通密度が小さい場合には速度が高く、騒音レベルも高くなることによるものである。

### b) 大気汚染

拡散計算において大気安定度は中立状態(pasquillのD状態)とし、風向・風速はシミュレーション時間帯のものを用いたが南東方向が卓越しており平均風速は、2.3 mである。対象ガスはNO<sub>x</sub>である。8時、9時の各前後15分間計30分におけるゾーン別大気濃度を図-17に示す。

一方、大気汚染は広域的な範囲から影響を受けるため、他ゾーンからの排出ガスによる影響もある。このことをみるために、大気濃度/排出強度を算出し、9時の場合を図-18に示す。都心部の風下側地区だけでなく中間地区にも他地区からの影響の大きいところが存在していることがわかる。

以上のシミュレーションの結果から交通流動および環境状況をみると、交通流動上の隘路となる地区と環境上の影響が大きい地区とは必ずしも一致していない。また交通流動の時間的变化に比べ環境状況の変化は小さい。これらは当地域の道路状況や道路沿道土地利用状況の影響を受けているものである。本稿では行っていないが、



図-16 騒音状況(住居系 55 dB(A) 以上面積率)

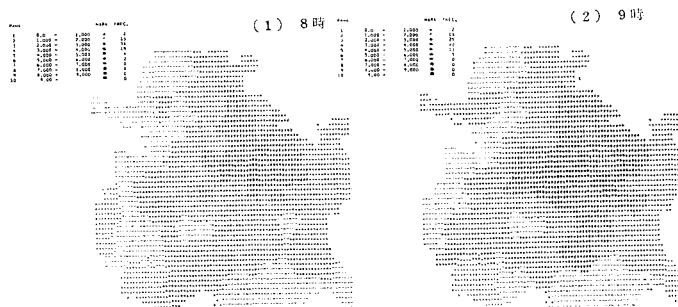


図-17 大気濃度(NO<sub>x</sub>, PPHM)

これらを総合的な視点から評価するために、オーバーレイ方式等によって問題点が多いゾーンを抽出し、道路網との関係について考察することも可能である。



## 7. おわりに

本システムは、都市部の道路・交通の特徴である面的な広がりをもつ道路網や交通流動と、沿道土地利用との関連をとらえることを意図したものである。

本モデルの特徴は以下のものと考えられる。

(1) 交通流動予測と大気汚染、騒音などの環境状況を同一システムの中に取り込み、それらの相互関係を分析するシステムである。

(2) 面的な都市部道路網とその沿線および各地区的土地利用状況を反映させることにより、環境面の課題を土地利用と道路網の面から分析できること。

(3) 逐時的な動的モデルとすることにより、交通・環境現象の発生・発達過程をとらえることが可能であり、隘路の発見に有効であること。

(4) 都市全域や各地区に生ずる現象からおのおのの

地区ごとの評価を行うだけでなく、地区相互の関連の把握が可能であること。

(5) 交通モデルにおいて、ゾーン内トリップを表現することにより特に街路との対応がとられていると考えられ、住居系地区的環境評価の面で有効である。

しかし本システムには、次のような改善・追加すべき課題が残されていると考えられる。

(1) 環境に大きな影響のある車種構成を交通モデルに取り込み、同時に大型車の通行規制等を反映すること。

(2)  $D-V$  式は道路種別による影響と同時に地区状況にも左右されよう。この種の資料を積み上げることが必要である。

(3) 本システムの妥当性の直接的な検討のため、データ収集を進めモデルの修正を行っていくこと。

(4) 交通モデルから得られる交通流動を主要路線交通と対応させるための方法。

(5) 大気汚染推計における動的モデルの導入

**謝 辞**：本モデルの構想と検討にあたりご討議いただいた北海道大学、五十嵐教授、建設省、小野和日児氏、ケーススタディにあたり有益な指摘をいただいた建

設省、林 孝一郎氏および本文の発表に際して中京都市群交通体系調査協議会、建設省中部地建、竹内元企画課長のご厚意に深く謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路環境整備のための手引（51年度版），昭和51年4月。
- 2) 建設省都市局：沿道環境計画調査報告書，昭和52年3月。
- 3) 本交通モデルの基本発想は次の資料にある。  
札幌市都心部交通処理研究委員会：札幌市都心部交通処理研究報告書，昭和45年9月。
- 4) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック，技報堂，p. 737, 1973.
- 5) 1) に同じ
- 6) 2) に同じ
- 7) 環境庁大気保全局：総量規制マニュアル，pp. 76～77，昭和50年5月。
- 8) 森口 実：NO<sub>x</sub> 総量規制のアプローチ（II），大気汚染研究，第12巻，第2号，pp. 27～37, 1977.
- 9) 溝口 忠：交通安全指定道路における歩行者事故解析，交通工学，Vol. 9, No. 3, pp. 11～22, 1974.
- 10) 中京都市群パーソントリップ調査協議会：パーソントリップ調査報告書，現況分析編，昭和49年3月。

(1981.6.12・受付)