

パーソナル・コンピューターを利用した計画支援システムの開発

中央大学 正 員 ○ 松井 浩
西濃運輸 河村 斉
宮城県 斉藤 智
中央大学 正 員 鹿島 茂

1. はじめに

本研究の目的は、従来大型計算機を前提として構築されてきた、土地利用・交通計画支援システムをパーソナル・コンピューター（以下パソコンと略す）という比較的手軽な装置を用いて構築することである。このため本システムでは、

- 1) システムの構造を出来る限り柔軟性のたかいシステム構成にすること。
- 2) 可能な限り簡便なモデルを用いること。
- 3) カラー・グラフィックスを多用して、利用者に対してより説得力のある情報を提供すること。

について特に意を用いている。

2. システムの構成

本システムでは一連の計画プロセスにおいて、計画策定者の作業をサポートするために以下の3サブシステムを用意している。利用者は、メニュー画面によりこれらサブシステムを選択・実行することができる。またこの他に、基本的なデータを保持するデータ・ファイルと一時的なデータを保存する作業用データ・ファイルとからシステム全体が構成されている。図2-1にシステム構成図を示す。

2.1 現況表示サブシステム

分析段階において適切な情報を引き出すためには、多岐にわたる膨大なデータの解析が必要であり、計画策定者はこの作業に多大の労力を必要とされてきた。そこで、本サブシステムではこれまで表等で示されてきた数値情報をカラー・グラフィックスを用いて視覚化し、様々な表示方法で提供することにより、計画対象地域の特徴をより直感的に把握出来るように工夫している。本サブシステムが提供する情報は、

1) 社会・経済情報

—— 市区町村単位の時系列データ（人口、面積、出荷額他）

2) 土地利用情報

—— 3次メッシュ単位の土地利用面積データ（農業用地、建物用地、幹線交通施設面積等）

3) 交通ネットワーク情報

—— 道路・鉄道ネットワーク及びゾーン間所要時間データ

に大別される。これらは、現況表示サブシステム内のメニュー画面により選択される。

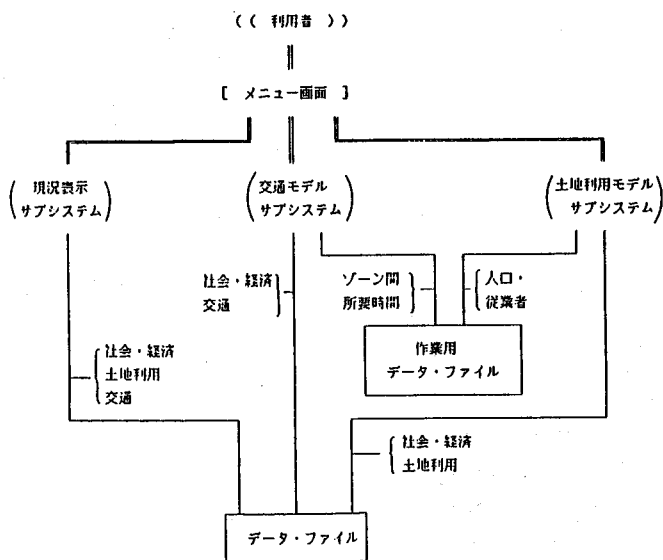


図2-1 システム構成図

2.2 交通モデル・サブシステム

土地利用モデルに必要とされるゾーン間所要時間は従来4段階推定法などによる間接的な手法を用いて、膨大なデータを大型計算機で処理することにより求められてきた。本サブシステムでは、従来の方法をマイコン上で行うことは困難と考え、ゾーン間所要時間を直接求める事のできる簡便なモデル（後述4章参照）を採用している。また、その利用方法を計画代替案を直接入力出来るようなどとして簡略化する事によって、ゾーン間所要時間推定の効率化を図っている。

2.3 土地利用モデル・サブシステム

交通モデル同様、従来大型計算機上で構築されてきた、土地利用モデルをパソコン上で稼働させるため、以下の簡略化を行っている。

1) 対象地域全域の人口及び諸経済活動量は外性的に与えられる。また、各ゾーンの開発可能面積や用途規制等の政策は、画面から適当な値をシステム利用者が直接入力する。

2) 人口及び諸経済活動量のゾーンへの配分は、立地主体間の相互依存を考慮した上で土地利用を決定する広域モデルと、広域モデルで配分された土地利用量をさらに詳細な地区に、直接相互依存を考慮する事なく配分する局地モデルを用いて段階的に行う。

3) 広域モデルでは、可能な限り立地主体の行動を反映するモデルを用いる。

2.5 データ・ファイル

本システムでは、システムに必要とされるデータをデータ・ファイルにまとめる事によって、システムの使用目的とデータとの独立性を確保している。しかし、現在のシステムではパソコンのハード的制約から、システムに対して唯一のデータ・ファイルは存在せず、各サブシステムに対応したデータ・ファイルの集合体となっている。

2.6 作業用データ・ファイル

データ・ファイルが基本的なデータを保持しているのに対して、作業用データ・ファイルは一時的なデータを保存する。これは、交通モデル・サブシステムと土地利用モデル・サブシステムとを用いて時系列的なシミュレーションを行う際に、各時点毎に両サブシステム間で計算結果の交換を行うための共通の入出力ファイルである。

3. 現況表示サブシステム

本サブシステムの構成図を図3-1に、また保持しているデータを表3-1に示し、その適用例を以下に紹介する。

3.1 ゾーン間比較表示1

（平面的表示）

ある年度のある項目について、平面的な地図上にゾーン間の差を濃淡表示するものである。付加機能として、同一画面上にゾーン名一覧表を表示することが出来る。

（図3-2）

3.2 ゾーン間比較表示2

（立体的表示）

ゾーン間比較表示1と同様の内容を立体的な地図上に棒グラフで表示する。（図3-3）

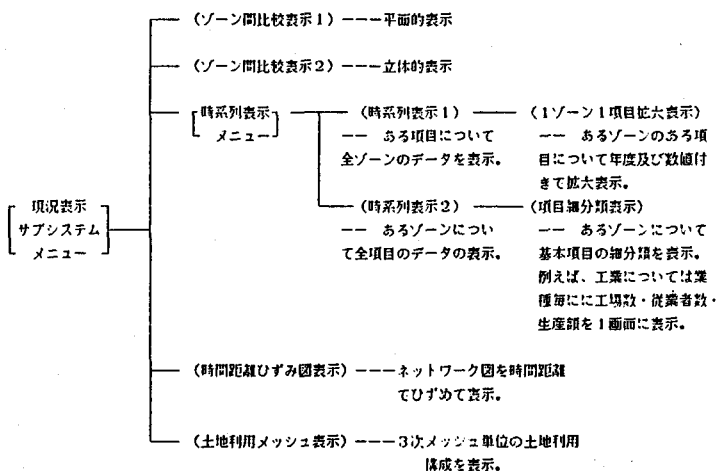


図3-1 現況表示サブシステム構成図

3.3 時系列表示1（項目別表示）

ある項目について、33ゾーン全ての時系列グラフを表示する。特徴として、

1) 各ゾーンの地理的関係を把握し易いように、実際の位置関係を考慮して各時系列グラフを配置している。

2) 各時系列グラフは、その最大値でクラス分けされた2重枠で囲まれており、ゾーン間の差の把握を容易なものとしている。（図3-4）

3.4 時系列表示2（ゾーン別表示）

あるゾーンについて、主要33項目をに表示する。この機能により、社会・経済活動の変化を他の項目と比較しながら把える事が可能である。（図3-5）

3.5 1ゾーン1項目拡大表示

時系列表示1あるいは時系列表示2の表示画面上で、ゾーンまたは項目を指定することにより時系列グラフを拡大表示することが出来る。

特徴としては、

1) 年度及びグラフの概略値が表示され、より詳細な分析が可能である。

2) 主画面との切り替えが瞬時に行え、両画面を併用した分析を可能なものとしている。（図3-6）

3.6 項目細分類表示

時系列表示2の表示画面上で、基本項目の1つを指定することでその細分類項目を全て表示することが出来る。

特徴としては、

1) ある項目の総量と個別量の変化の比較検討が可能である

2) 1ゾーン1項目拡大表示と同様に、主画面との切り替えを瞬時に行うことが出来る。（図3-7）

データ種類	主な内容	出典
社会・経済データ	市区町村単位の人口・従業員数・出荷額等	北海道市町村勢要覧（昭和35年～昭和58年）
土地利用データ	3次メッシュ単位の土地利用別面積（田畑・建物・幹線交通・河川等15分類）	国土数値情報土地利用
交通データ	1) 道路ネットワーク（路線・距離・時間） 2) 鉄道ネットワーク（路線・距離・時間・駅） 3) バスネットワーク（路線・距離・時間・バス停）	北海道道路地図 鉄道時刻表 バス時刻表

表3-1 使用データ一覧

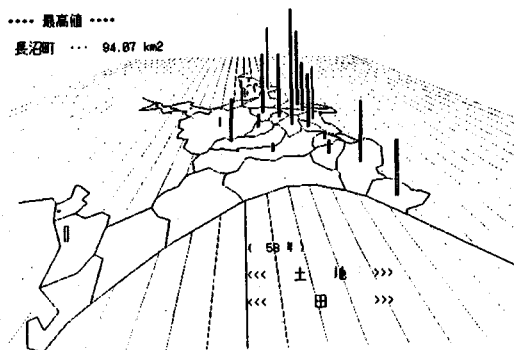


図3-3 ゾーン間比較表示2

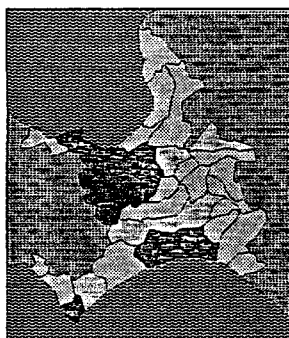


図3-2 ゾーン間比較表示1

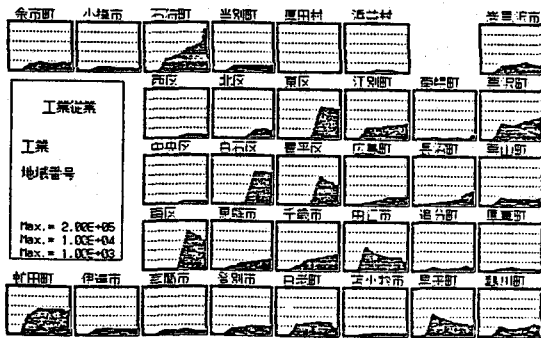


図3-4 時系列表示 1

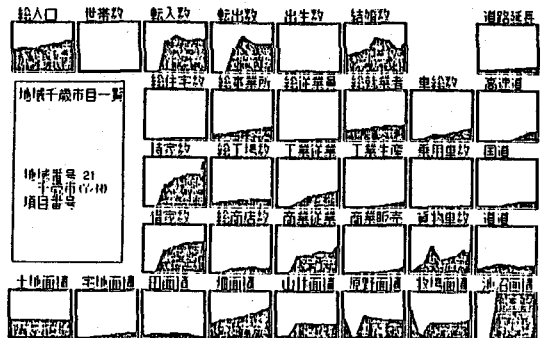


図3-5 時系列表示 2

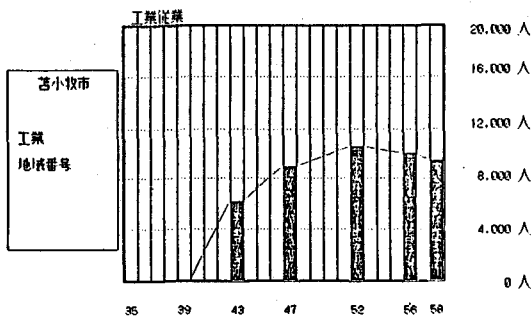


図3-6 1ゾーン1項目拡大表示

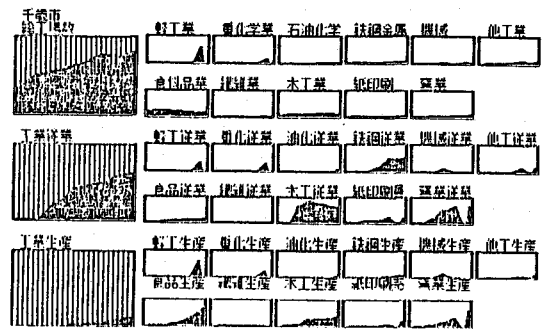


図3-7 項目細分類表示

3.7 時間距離ひずみ図表示

空間距離と時間距離とのひずみを、道路及び鉄道ネットワークについてグラフィック表示する。時間ひずみ図の考え方を図3-8に示す。特徴としては、

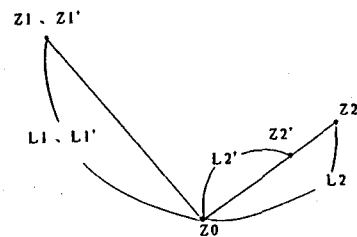
- 1) 主要ゾーン名を表示することで、対象地域の全体的なひずみをとらえられるようにしている。
- 2) ゾーンの境界線を表示することで、各ゾーン別のひずみをとらえられるようにしている。(図3-9)

3.8 土地利用メッシュ表示

国土数値情報による3次メッシュ土地利用データを表示する。

特徴としては、

- 1) 各メッシュ毎に、最大利用用途を表示することが出来る。(図3-10)
- 2) 各メッシュに対して、各用途別の占有率を表示することが出来る。(図3-11)



- Z0 : 時間ひずみ図の中心となるゾーンの中心
 Z1 : 最も時間のかかるゾーンの中心
 Z2 : 他のゾーンの中心
 L1、L2 : 空間距離
 Z1'、Z2' : 時間ひずみによるゾーン中心
 L1'、L2' : 時間ひずみによる空間距離
 t1、t2 : ゾーン間所要時間
 ここに、

$$L1' = L1 \cdot t1, L2' = \frac{L2}{t1}$$

図3-8 時間ひずみ図の考え方

Zone Number = 22

《《 道路 (高速有り) 》》》

境界線を明示しますか。
(Yes/No) Y

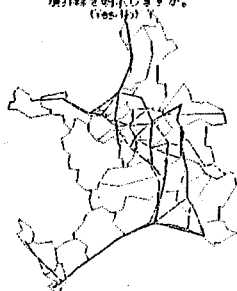
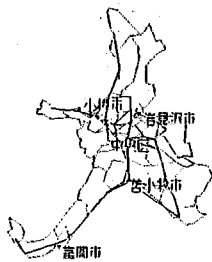


図3-9 時間距離の推定図

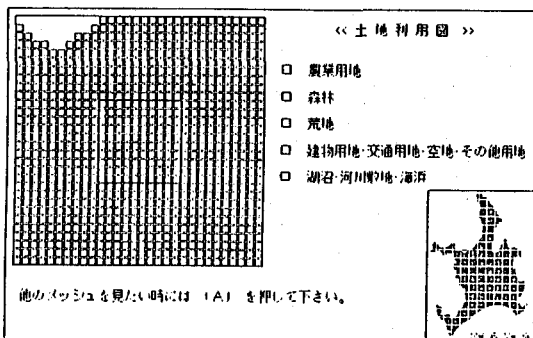


図3-10 3次メッシュ最大利用用途

4 交通モデルサブシステム

ゾーン間所要時間推定のための簡便モデルの作成と、その利用方法について紹介する。尚、簡便モデルの詳細に関しては文献3)を参照されたい。

4.1 モデルの考え方

本モデルでは、ゾーン間所要時間はゾーン及びゾーン間の特性を表す要因の関数として表わされると考え、次式 (1) を基本式として各交通手段別にパラメータを推定している。

$$t_{ij} = f(X_{ij}, Y_{ij}, d_{ij}) \dots (1)$$

t_{ij} : ゾーン間所要時間、 d_{ij} : ゾーン間距離

X_{ij} : ij ゾーン間の交通需要を表す要因

Y_{ij} : ij ゾーン間の交通施設の整備水準を示す交通施設量

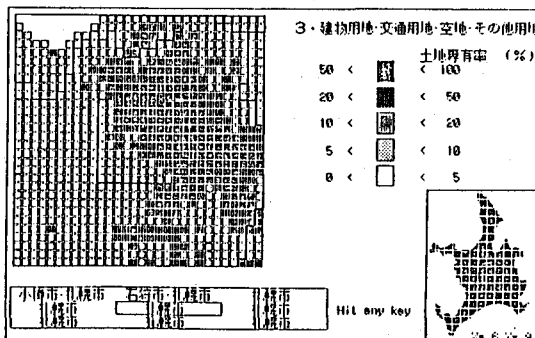


図3-11 3次メッシュ用途別占有率

4.2 ネットワーク

まず道路については、高速道・国道・主要道々を用いてゾーン中心間を結ぶネットワークを形成している。鉄道については、国鉄及び札幌市営地下鉄の125駅を結ぶネットワークを形成し、その中からゾーン中心駅を設定している。これを、図4-1に示す。

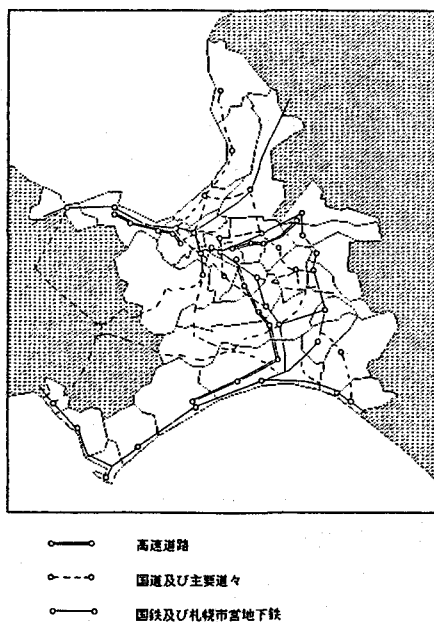
4.3 パラメータの推定

自動車、鉄道、バスの交通手段別にパラメータを推定する。

4.3.1 自動車用モデル

実際に検討を行ったモデル式を表4-1に示す。ゾーン間距離は、道路ネットワークより最短経路法により求めている。また、ゾーン間所要時間は実際の走行データが得られなかったため高速道路では80km/h、一般道では40km/hで走行するものとしてゾーン間距離より算出している。交通需要を表す要因 X_{ij} としては、ゾーンの人口、従業者数、面積等を用い、交通施設の整備水準を示す交通施設量 Y_{ij} としては、高速・一般道ネットワーク本数、及び幹線交通施設面積を用いている。

図4-1 道路及び鉄道ネットワーク



4. 3. 2 鉄道用モデル

検討を行ったモデルを表4-2に示す。ゾーン間距離は、鉄道ネットワークより時刻表から営業距離を求めて使用している。また、ゾーン間所要時間は、普通列車のみを利用した場合と特急を併用した場合とを時刻表より求め、短いほうを採用している。交通需要を表す要因は道路用モデルと同じであり、交通施設量としては、ゾーン内駅数、ゾーン中心駅1日列車本数、ゾーン間乗り換え回数を用いている。

4. 3. 3 バス用モデル

検討を行ったモデルを表4-3に示す。ゾーン間距離は、主要バス路線からゾーン中心停留所を設定し、それらを結ぶ道路距離としている。ゾーン間所要時間は、バス時刻表より求めた所要時間に乗り換え時間を加えたものとしている。交通需要を表す要因は、道路用モデルと同じであり、交通施設量としてはゾーン内停留所数、ゾーン中心停留所1日便数などを用いている。

4. 4 パラメータの推定結果

表4-1～表4-3に示した14タイプのモデル式についてパラメータの推定を行い、各モデル式の推定精度、説明要因のt値、パラメータの妥当性を検討した結果、表4-4に示す3モデル式を最終的に決定した。特徴としては、

- 1) 自動車用モデルは、ゾーン間距離のt値が非常に高く隔りのあるモデルとなった。
 - 2) 幹線交通施設面積が各交通手段とも有効である。
 - 3) 各交通手段別のダミー変数のt値が高い。
- 等が挙げられる。

4. 5 簡便モデルの活用方法

交通モデルサブシステムでは簡便モデルを有効に利用するため、以下に挙げる3つの機能を有している。これらは、交通モデルサブシステム内のメニュー画面により選択・実行される。

4. 5. 1 交通現況表示

各交通手段別に、ゾーン間所要時間、ゾーン間平均速度をグラフ等で表現している。特徴としては、

- 1) 時間或いは速度に応じて色分けしたセルを、実際の空間的位置関係を考慮して配置し、また注目している中心ゾーンはフラッシング表示されている。(図4-1)
- 2) あるゾーンを中心として、時間或いは速度を時系列的にグラフに表している。(図4-2)

4. 5. 2 交通施設の変更

各交通手段別に、各ゾーンの交通施設量を現況値を参照しながら変更することが出来る。特徴としては、

- 1) 各交通手段のネットワーク図が表示され、変更中のゾーンが確認出来る。
- 2) 変更された交通施設量は作業用データ・ファイルに出力され、次期シミュレーションの際の交通施設量現況値となる。(図4-3)

表4-1 自動車用モデル

$$\begin{aligned}
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \right)^{a_2} (N_i \cdot N_j)^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (1) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \right)^{a_2} (N_i \cdot N_j \cdot (N_i+1) \cdot (N_j+1))^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (2) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \frac{P_j}{A_j} \right)^{a_2} (N_i \cdot N_j \cdot (N_i+1) \cdot (N_j+1))^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (3) \\
 t_{ij} &: i, j \text{ゾーン間所要時間} \quad d_{ij}: i, j \text{ゾーン間距離} \\
 E_i &: i \text{ゾーン従業員数} \quad P_i: i \text{ゾーン人口} \\
 A_i &: i \text{ゾーン面積} \\
 N_i &: i \text{一般道ネット本数} \quad N_i: i \text{高速道ネット本数} \\
 T_{ij} &: i, j \text{ゾーン幹線交通施設面積} \\
 t_{ij} &: i, j \text{ゾーン間に高速道路を利用する場合の有効性を示すダミー変数} \\
 &\text{一般道のみを利用した場合の} i, j \text{ゾーン間所要時間を} t_n, \text{高速道路を併用した場合の所要時間を} t_h \text{ とするとき、} \\
 t_{ij} &= \begin{cases} 1 & (t_h / t_n < 0.8) \\ 0 & (t_h / t_n \geq 0.8) \end{cases} \text{としている。}
 \end{aligned}$$

表4-2 鉄道用モデル

$$\begin{aligned}
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} R_{nij}^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (1) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \right)^{a_2} R_{nij}^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (2) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \right)^{a_2} R_{nij}^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (3) \\
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} (St_i St_j)^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (4) \\
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} (St_i St_j)^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (5) \\
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} (St_i St_j)^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (6) \\
 t_{ij} &: i, j \text{ゾーン間所要時間} \quad d_{ij}: i, j \text{ゾーン間距離} \\
 E_i, P_i, A_i, T_{ij} &: \text{自動車用モデルに同じ} \\
 St_i &: i \text{ゾーン駅数} \quad R_{nij}: i, j \text{ゾーン間乗り換え回数} \\
 t_{ij} &: \text{特急・急行を利用する場合の有効性を示すダミー変数} \\
 &\text{普通列車のみを利用する場合の所要時間を} t_n, \text{特急・急行を利用する場合の所要時間を} t_h \text{ とするとき、} \\
 t_{ij} &= \begin{cases} 1 & (t_h / t_n < 0.7) \\ 0 & (t_h / t_n \geq 0.7) \end{cases}
 \end{aligned}$$

表4-3 バス用モデル

$$\begin{aligned}
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j)^{a_2} T_{ij}^{a_3} B_{nij}^{a_4} d_{ij}^{a_5} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (1) \\
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} T_{ij}^{a_3} B_{nij}^{a_4} d_{ij}^{a_5} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (2) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \right)^{a_2} T_{ij}^{a_3} B_{nij}^{a_4} d_{ij}^{a_5} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (3) \\
 t_{ij} &= a_1 (E_i E_j P_i P_j)^{a_2} B_{nij}^{a_3} B_{nij}^{a_4} d_{ij}^{a_5} e^{a_6 T_{ij}} \dots \dots \dots (4) \\
 t_{ij} &= a_1 \left(\frac{E_i}{A_i} \frac{E_j}{A_j} \frac{P_j}{A_j} \right)^{a_2} B_{nij}^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}} \dots \dots \dots (5) \\
 t_{ij} &: i, j \text{ゾーン間所要時間} \quad d_{ij}: i, j \text{ゾーン間距離} \\
 E_i, P_i, A_i, T_{ij} &: \text{道路用モデルに同じ} \\
 B_{nij} &: i, j \text{ゾーン間での乗り換え回数} \quad B_{ij}: i \text{日便数} \\
 t_{ij} &: \text{特急・急行バスの運行を示すダミー変数} \\
 t_{ij} &= \begin{cases} 2: i, j \text{ゾーンに高速道路を利用した特急バスが運行されている} \\ 1: i, j \text{ゾーンに一般道を利用した特急・急行バスが運行されている} \\ 0: i, j \text{ゾーン間に特急・急行バスが運行されていない} \end{cases}
 \end{aligned}$$

表4-5 パラメータの推定結果

交通手段	モデル式及びパラメータ					
自動車	$U_{ij} = a \left(\frac{E_i E_j}{A_i A_j} \right)^{a_1} (W_i W_j (W_i + W_j))^{a_2} d_{ij}^{a_3} e^{a_4 d_{ij}} e^{a_5 T_{ij}}$					
R=0.992	lna0	a1	a2	a3	a4	a5
	0.496 (12.10)	0.00046 (0.34)	-0.0183 (-3.24)	0.975 (152.09)	-0.255 (-25.86)	-0.00006 (-1.06)
鉄道	$U_{ij} = a \left(\frac{E_i E_j}{A_i A_j} \right)^{a_1} R_{nij}^{a_2} d_{ij}^{a_3} e^{a_4 d_{ij}} e^{a_5 T_{ij}}$					
R=0.906	lna0	a1	a2	a3	a4	a5
	1.02 (16.57)	0.011 (2.12)	0.425 (16.07)	0.754 (60.36)	-0.229 (-12.87)	-0.00032 (-3.29)
バス	$U_{ij} = a \left(\frac{E_i E_j}{A_i A_j} \right)^{a_1} T_{ij}^{a_2} B_{nij}^{a_3} d_{ij}^{a_4} e^{a_5 T_{ij}}$					
R=0.964	lna0	a1	a2	a3	a4	a5
	1.58 (22.23)	0.00080 (2.73)	-0.0302 (-2.47)	0.492 (20.63)	0.729 (54.52)	-0.0639 (-3.04)

() 内はt値を示す

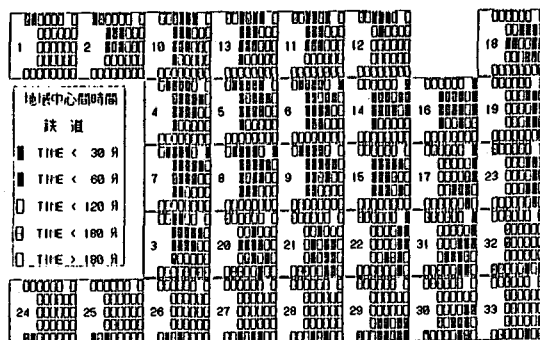


図4-2 交通現況表示1

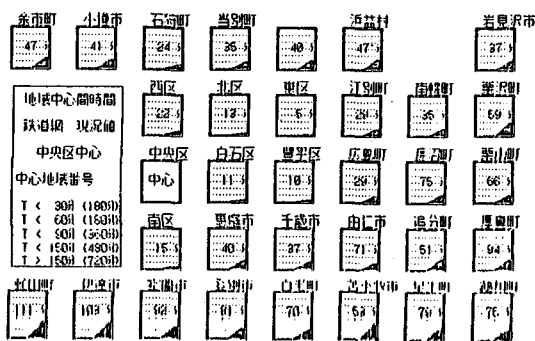


図4-3 交通現況表示2

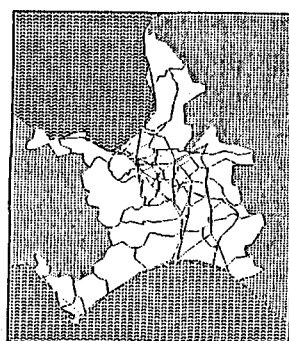


図4-4 交通施設変更範囲

<<< 道路 >>>
 ※ 中央区 ※
 (58年)
 道路ネット (高速)
 京葉前 ... 0
 京葉後 ... 0
 新 浦 ... ?
 OK ? (Yes/No)

4. 5. 3 シミュレーションの実行

簡便モデルにより、将来ゾーン間所要時間を計算する。得られた結果は作業用データ・ファイルに出力され、土地利用モデル・サブシステムの入力として、また次期シミュレーションの際の交通現況値となる。

5. 土地利用モデル・サブシステム

土地利用モデルの構成を図5-1に示す。本サブシステムの特徴は、交通モデル・サブシステムとのフィードバック機能である。すなわち、交通モデル・サブシステムにより得られた将来ゾーン間所要時間は作業用データ・ファイルを通じて本サブシステムに受渡され、交通施設の変更が土地利用状況を変化させる要因として引き継がれることになる。一方、本サブシステムにより得られる人口、従業者数等は作業用データ・ファイルに出力され交通モデル・サブシステムに引き継がれる。

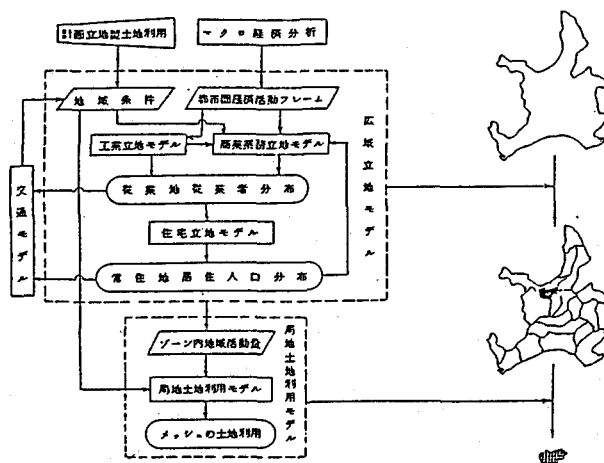


図5-1 土地利用モデル構成図

本サブシステムで利用している土地利用モデルは、東京大学 測量研究室で開発されたものであり、その詳細は文献4)に譲り、ここでは土地利用モデルを構成する各立地主体毎のモデルの機能と出力例を示す。

5. 1 工業立地モデル

市場への近接性や同業種の集積度、地価、交通条件等の立地要因を説明変数とする、非集計ロジットモデルを用いて、立地可能用地における工場の立地面積を業種別、規模別に推計する。

5. 2 住宅立地モデル

家族人数、年収、職業等の世帯属性、通勤条件、地価等を説明要因とする非集計ロジットモデルを用いて、世帯主の従業地別に分類された世帯の立地量を住宅タイプ別に推計する。

5. 3 商業・業務立地モデル

立地主体を近隣型と地域中心型とに分け、利用者である居住人口及び関連する産業の従業者数の分布により、グラヴィティタイプの統計的モデルを用いて従業者数を推計する。

5. 4 局地土地利用モデル

各立地主体毎に、ゾーン内の3次メッシュ毎に、各々にとっての立地魅力度（例えば、住宅では住宅集積、住宅用地の有無、鉄道駅までの距離等の関数）を用いて立地面積を推計する。

図5-2は、人口分布に関する出力例である。

図5-3に、千歳市の住宅地分布の詳細な出力（局地土地利用モデルよりの出力）を示す。

6. おわりに

今回のシステムにより、本稿の初めに挙げた目的は初歩的ながら達成されたと考えられる。今後の課題としては、簡便モデルの実用性の実証的検討、より判りやすい情報の提供方法の検討、パソコンのハード的限界とシステムの機能向上とのバランスの検討などが挙げられる。

また、各機能のパッケージ化と、それに伴うデータ・ベースの整備などを進める一方、実際のシステム使用上で得られる様々な反応をシステム構成に反映していきたいと考えている。

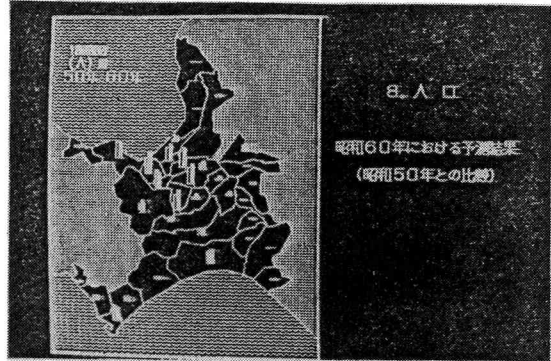


図5-2 人口分布出力例

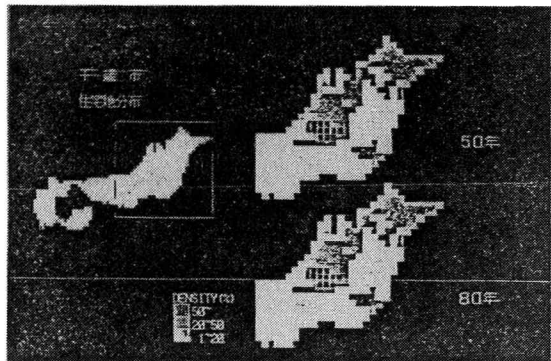


図5-3 住宅用地分布出力例

<参考文献>

- 1) 中村・林・宮本 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、7
- 2) Gordon A. Geberl computers, environment and urban systems Vol. 9, No. 1 1984
- 3) 松井 ゾーン間所要時間推定のための簡便モデルの作成 第40回 年次学術講演要集 第4部
- 4) 清水 パーソナルコンピュータを用いた土地利用分析システム 第40回 年次学術講演要集 第4部
- 5) 財団法人 産業研究所 産業エコロジーモデル開発研究 エコロジー具体化研究報告書 昭和60年3月
- 6) 河村・斉藤・西沢 土地利用・交通計画支援システムの作成 昭和59年度中央大学土木工学化 卒業論文