

都市政策効果の分析モデルの開発

(株)日立製作所システム開発研究所 北嶋弘行・佐々木良一

A DYNAMIC MODEL TO ANALYZE THE REPERCUSSIONS OF URBAN POLICIES

HIROYUKI KITAJIMA and RYOICHI SASAKI
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

(Received July 14, 1975; Revised October 12, 1976)

Abstract. As the interactions among urban activities have increased and complicated, it is urgently demanded to analyze the effects which might be caused by urban policies.

The aim of this model is to analyze not only direct effects but also repercussions of urban policies upon citizens' welfare and to assist decision-makers in evaluating policy alternatives and in detecting urban problems in advance. One of the new ideas in this model is that urban activities are grasped from two principal viewpoints of system theory (feedback and hierarchy), and the simulation model is formulated on the basis of this framework.

(1) feedback system; Urban activities can be considered as such a feedback system as to maximize citizens' utility (output) by satisfying various demands of citizens (input) with equipment or services (process). Herein exist two main feedback loops, one is administrative control and the other is the influence of the benefit level on the demand pattern.

(2) hierarchical system; Urban activities can be considered as a hierarchical system. From the hierarchical points of view, urban activities were categorized into four levels and the relationships between a higher level and a lower level are identified. The method used to build the simulation model was System Dynamics and the method applied to analyze and formulate urban activities was Scenario. Some of model parameters which are highly sociological and psychological were defined on the result of the enquete investigation for administrative officials of Hiroshima city.

Concerning Hiroshima city, the long range simulation (20 years) was carried out on this model with regard to several alternative urban policies.

1. はじめに

今日、都市においては多くの問題が発生し、しかもそれらは深刻の度合を深めつつある。都市問題の解決を困難にしている原因の一つは、都市の諸活動間には錯綜した相互関連性が存在するため、都市施策は直接的効果のみならず正負の波及効果を伴うことにある。すなわち、都市問題の解決のためには、問題相互間の関連性を分析・把握したうえで都市問題全体としての解決を図る方法が必要である。本報告は、都市機能間の相互関連性をモデル化することになり、都市施策の波及効果の分析用具として役立てることを目的としたものである。ここでは、まず、都市機能間の相互関連性をモデル化するのに用いた方法を示し、次にこの方法を用いて開発した都市施策の効果分析モデルの構成および広島市を例とするシミュレーション結果を述べる。本内容は、昭和46年度から3年間行った「都市

経営システムの研究」の一部である。

2. 都市機能のモデル化の目的

本研究の目的を明らかにするために、都市経営システムにおける本研究の位置づけを述べる。都市経営システムは行政体のトップ層の意志決定をサポートすることを目的とした情報システムであり、その中核をなすシステムモデルは図1のように構成される。このうち本研究が対象とするのは効果分析モデルの部分である。効果分析モデルの機能は、行政施策が住民福祉に与えるであろう効果を、都市のサービス水準を表す物理的指標で予測することである。価値モデルでは、都市サービス指標を住民効用に変換するとともに住民効用の目標値からの乖離を出力する。行政モデルでは、住民効用の目標値からの乖離を行政需要に変換する。この部分では、都市活動の大規模・複雑性を考慮して、最適制御を行う方法よりも、むしろ意志決定者とモデルとの会話形式によって適応的・学習的な制御を行う方向をとった。

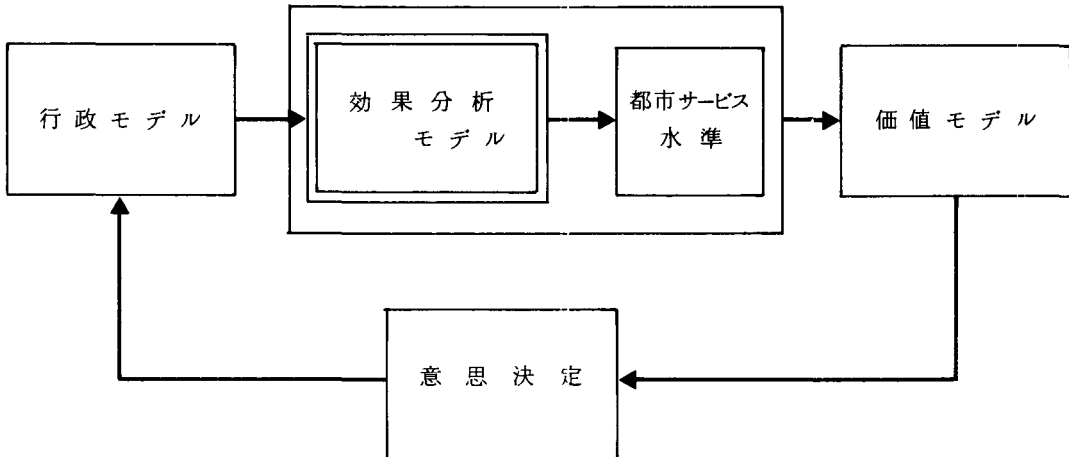


図1 効果分析モデルの位置づけ

3. 都市機能のモデル化の方法

都市活動は、多くの計量困難な要素が錯綜しており不確定的にしか説明されない。このような対象を扱う手法は、ソフト・テクノロジーとしていくつか開発されてきている。これらは大別して、準定量的方法とシミュレーション法とに分けられる。準定量的方法は、直観的な情報の組織化には適しているがここから定量的な情報を引き出すことは難しい。一方、シミュレーション法は、現象の定量的な取り扱いが可能であるが、その反面、対象を構造化し数式体系に構成するのに工夫を要する。ここでは両者を組み合わせて、夫々の長所を活かしながらモデルを作成することとした。具体的にはシステム・ダイナミクス（以下SDと略）法の動態的変化、非線形性の取り扱いが可能である点に着目し、これを基本的手法とした。さらに、SD法を補うものとして、対象の因果関係の分析の段階にシナリオ法を併用した。

3・1 都市機能の定性分析

都市の諸活動間の因果関係を分析する目的でシナリオを展開した。行政施策のインパクトは、先ず直接に対応する都市活動領域に変化をもたらし、その結果が他の領域に波及効果をもたらすと考えられるのでシナリオは次の2段階で展開した。

- ①分野毎のシナリオ……都市活動を、経済、社会、教育、保健などの13分野に分割し、分野単位に「広島市基本計画書」等の関連資料に基きシナリオを作成した。
- ②分野間のシナリオ……分野間のシナリオをつき合わせて、分野間の関連についてのシナリオを作成した。分析はメンバー内の討議や関連資料の調査に基きマトリックス形式で行った。

3・2 都市機能のシステム論的モデル化

都市機能の因果関係の分析結果から、都市機能はシステム論の観点から、フィードバックおよび階層性の考え方で説明できるものと仮定し、これをモデル作成上の枠組とした。

(1) フィードバック(図2)

都市機能は、都市に発生する種々の需要(入力)を、都市の施設やサービス(処理)を用いて充足し、住民の享受する効用(出力)を最大化する過程であると考えられる。ここに、2つの主要なフィードバック・ループが存在する。1つは、行政体が住民効用を最大化するための制御機能で、これは公共施設(処理)にだけでなく、工場排ガスの排出規制のように需要そのものにも働きかける。もう1つのループは、住民効用の水準変化が需要パターンに及ぼす影響である。これは、道路サービスの向上がさらに多くの自動車交通量を誘発する現象などに見られるところであるが、都市の制御を一層複雑にしており、需要そのものの制御が必要とされる理由でもある。

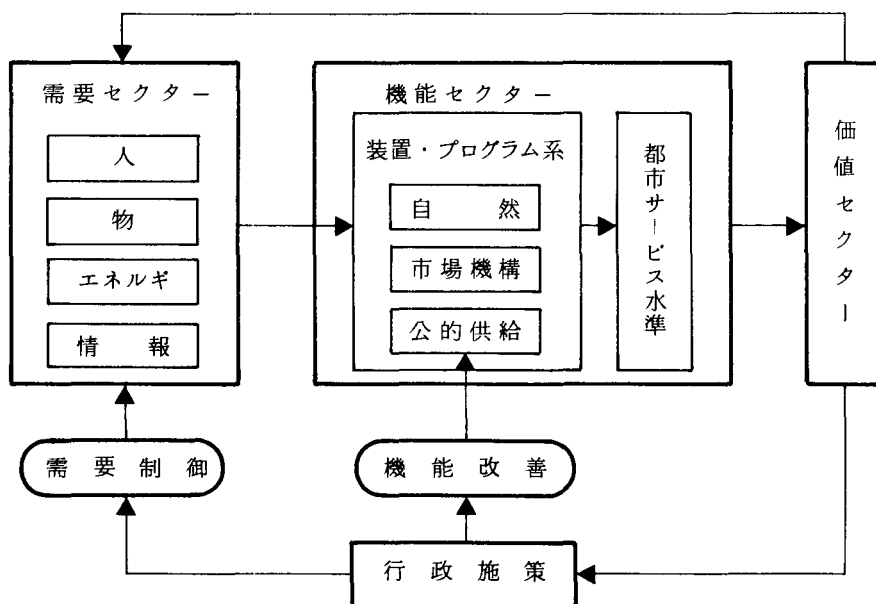


図2 都市機能のフィードバック的把握

(2) 階 層 性 (図3)

都市機能を階層性の立場からみて次のように分類した。都市機能は大別して、人口構成、産業構造などの都市構造の骨組みをなすマクロ・レベルと、住民の公共財に関するアクティビティの変化を対象とするミクロ・レベルとに分類する。さらに、ミクロ・レベルの都市機能を、住民にとっての本来の意味という観点から次の3階層に分類する。

- ①生活系……保健、教育、余暇活動などのように住民生活の根源的ニーズに対応する活動。
- ②移動系……人、物、エネルギー、情報などの都市活動に必要な資源の輸送、伝達を行う活動であり、交通、物流、エネルギー供給、上下水道、情報伝達などの活動が含まれる。
- ③環境系……都市活動の過程で発生する排出物の処理を行う活動。

これらの階層間関係は、上位が下位を一方向的に規定するというものではない。階層間は双方向の関係にあり、上位での変化が下位に及ぼす影響の大きさが、逆方向の影響の大きさに比較して大きいという関係にあるものと考えられる。階層間には主に次の2つの関係が認められる。

- ①上位での都市活動量の変化に伴って下位の需要量が増加するという関係で、例えば、生産活動や余暇活動の増加に伴う交通需要の増加などの現象が相当する。
- ②下位でのサービス水準の変化に伴って上位での都市活動量が増加するという関係で、例えば、交通サービス水準が生産活動に対して、産業立地パターン、輸送コスト、労働力確保などの面に及ぼす影響などの現象が相当する。

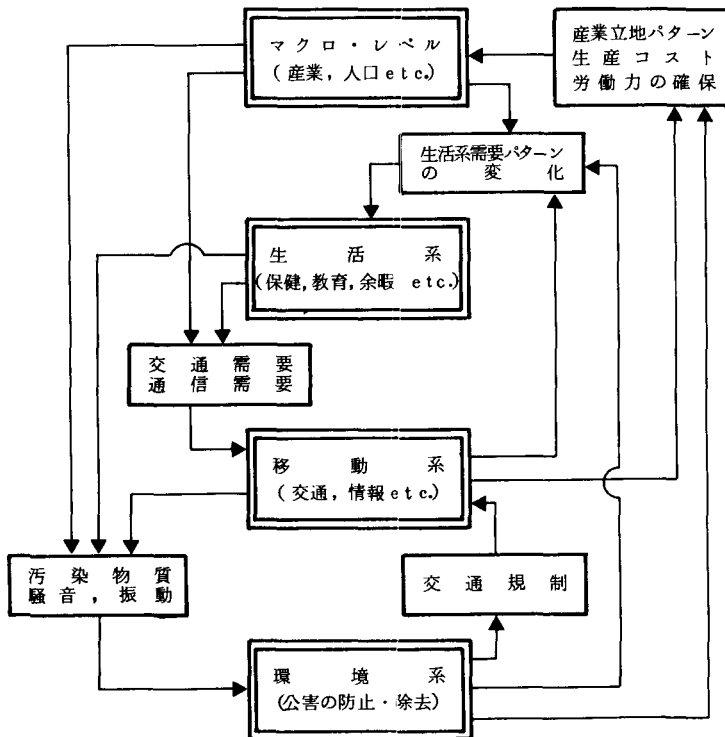


図3 都市機能の階層的把握

4. モデルの構成

以上に述べたフィードバックと階層性の関係を枠組として、シミュレーション・モデルを図4のように構成した。モデルは都市機能の階層性に対応して、大別してマクロモデルとマイクロモデルとから構成し、マイクロモデルをさらに生活系、移動系、環境系のサブモデルに分割した。行政施策が都市サービス水準に及ぼす効果は両モデルを次のように連動することによって説明できる。

- ①マクロモデルで行政施策による都市基本構造の変化を説明する。
- ②マイクロモデルでは、変化したマクロレベルの諸変数（人口、事業所数など）と行政施策のインパクトを入力とし、マイクロレベルの都市活動の変化を説明する。この結果、都市サービス水準を表す諸指標の値が出力される。

モデルは全てSD言語によって記述し、規模はマクロモデルが約500ステップ、マイクロモデルが約700ステップである。以下に各サブモデルの内容を説明する。

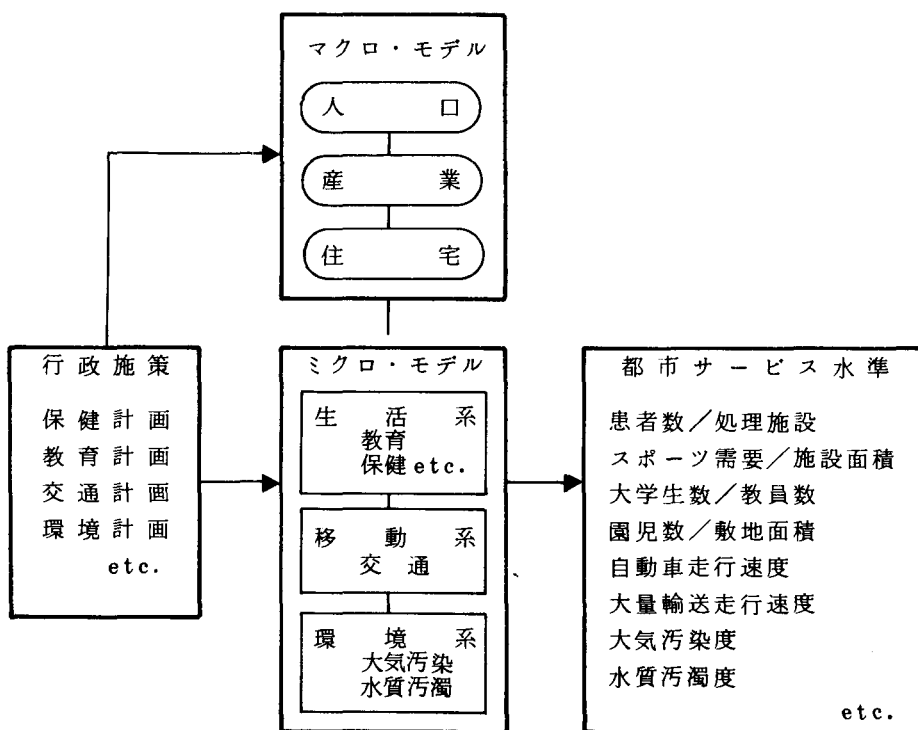


図4 シミュレーション・モデルの構成

4・1 マクロモデル

人口、産業、住宅、土地の制約などの都市の基本的要因の相互関連をモデル化することによって都市の構造変化を把握するものである。ここでは、資本都市魅力および住民都市魅力がダイナミクスを説明するうえでの基軸として用いられている。資本都市魅力とは産業事業所の立地に対する都市の魅力要因を表し、産業関連の社会資本（道路、鉄道など）によって説明する。住民都市魅力とは、住民にとっての都市の住み良さの要因を表し、生活関連の社会資本（教員、公園など）によって説明する。

マクロモデルにおいて行政施策はこれらの社会資本の操作変数として働きかける。マクロモデルとしては、都市経営システムにて別途開発したモデルを用いた。

4・2 生活系

都市機能のダイナミクスを説明するうえでの鍵は、需要発生メカニズムにある。ところで、教育、保健、余暇活動などの生活系の需要発生は、多くの社会的・心理的要因に支配されて複雑であり、かつ既存の理論や分析の例も少ない。ここでは、専門家の持つ直観・経験という主観的情報を組織的に活用する方法として、需要発生のパラメーターをアンケート調査によって設定するという試みを行った。アンケート調査の枠組は、生活系の需要量の変化を被説明変数とし、これの説明変数としてフィードバックおよび階層性の仮定にしたがって、マクロレベルの変数およびマイクロレベルの都市サービス水準を設定した。アンケートは説明変数の被説明変数に対する寄与率を調査対象とし、回答方法は促進効果(+)か、抑制効果(-)か、効果の強さは大(3)、中(2)、小(1)のいずれかを聞いた。設問数は、説明変数(32)×被説明変数(17)である。調査対象者は広島市行政担当者の方々とし、回答者数は各設問毎に10名とした。回答結果の単純平均値の一部を表1に示す。調査結果はSDモデルで次の形式で用いた。

$$\omega_i = \sum_{j=1, N} \alpha_{ji} \times P_j$$

ω_i ; 生活系需要*i*の発生に関する魅力度

P_j ; 説明変数*j*の値

α_{ji} ; 説明変数*j*の被説明変数*i*への寄与率

表1 アンケート調査結果(一部)

説明変数		被説明変数			
		文化活動の増加需要	大学進学増加需要	医療需要の増加	公園の利用者の増加
マクロ変数	余暇時間の増大	2.4	0.5	0.2	2.2
	所得水準の向上	2.1	2.4	1.5	1.3
	老人人口の増加	1.6	0.0	2.5	1.5
都市サービス水準	文化活動の充実	2.6	0.7	0.2	0.9
	大学教育の充実	1.0	2.5	0.7	0.5
	医療機関の充実	0.2	0.3	1.4	0.2
	交通の便が向上	1.1	0.3	0.3	1.1
	ゴミ処理・下水処理の向上	0.0	0.0	-0.4	0.4

4・3 移動系（交通）

モデルでは規模の制約から、都市問題としての深刻さ、および他活動との相互関連の強さに着目して交通のみを扱った。モデルの枠組を図5に示す。他活動との関連については階層性の考え方をを用いた。すなわち、上位レベルとの関連については、交通需要の発生をマクロレベル（就業者数、人口）および生活系需要量で説明し、一方、交通サービス水準が生産活動および生活系需要量に及ぼす影響を考慮した。下位レベルとの関連については、排気ガスが環境系に与える影響を考慮し、一方、環境系における大気汚染が自動車保有率および機関選択に及ぼす効果を考慮した。交通の枠内についてはフィードバックの考え方をを用いてモデル化を行った。交通需要として大量輸送機関（以下MTと略）利用トリップと自家用車利用トリップを設定し、夫々のサービス指標として走行速度、混雑度、コスト等を設定する。処理施設として道路、MTを設定し、行政施策はこれらの処理施設に対して、道路総面積、MT容量、MTと自動車の走行速度比、料金などの形で作用するものとしてモデル化した。フィードバック・ループとしては、MTおよび自動車のサービス水準が、機関分担という形で夫々の需要量に及ぼす影響を考慮した。本モデル意思決定者との会話型での利用法を意図しているもので、モデル内では行政体の意思決定は外生化し、したがって、サービス水準から行政施策へのフィードバック・ループは扱わなかった。パラメータは既存の分析結果や統計を参考に設定した。

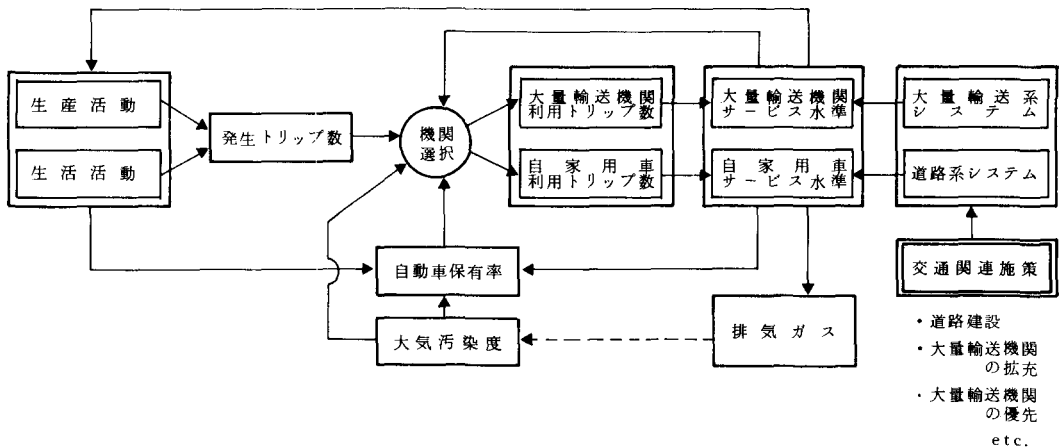


図5 移動系（交通）モデルの枠組

4・4 環境系

環境汚染のうち広島市において住民の重視度が高い大気汚染と水質汚濁をモデル化した。環境系は図6に示すように、大別して汚染プロセス（需要、処理に対応）とそれに対する住民反応プロセス（価値に対応）によって把握した。汚染プロセスは次の3段階で把握した。①汚染物質の発生（パイ煙や汚水の排出）、②汚染物質の拡散（大気汚染、水質汚濁）、③生態系の攪乱（緑の喪失、奇形魚の発生）、このうち③については生態系への影響を定量的に把握することが困難なので明示的に扱うことを断念した。住民反応プロセスは、次の3段階で把握した。①環境汚染の認識、②環境に対する住民

の不満足増大, ③住民パワーの形成。環境汚染に対して市の行政施策は次の方面から働きかけるものとしてモデル化した。①環境改善施設(下水道など)の建設, ②排出規準の強化, ③排出源(工場など)の流入規制。環境系の枠内におけるフィードバック・ループとしては, 住民パワーの形成が企業の汚染発生の自主規制に及ぼす影響を考慮した。他の都市活動との関連については階層性の考え方をを用いた。上位レベルとの関連については, 汚染物質の発生をマクロレベル(人口, 製造業数), 移動系(自動車総走行距離)で説明し, 一方, 環境汚染が生活系の需要パターンおよび移動系(自動車保有率および機関選好)に及ぼす効果を考慮した。

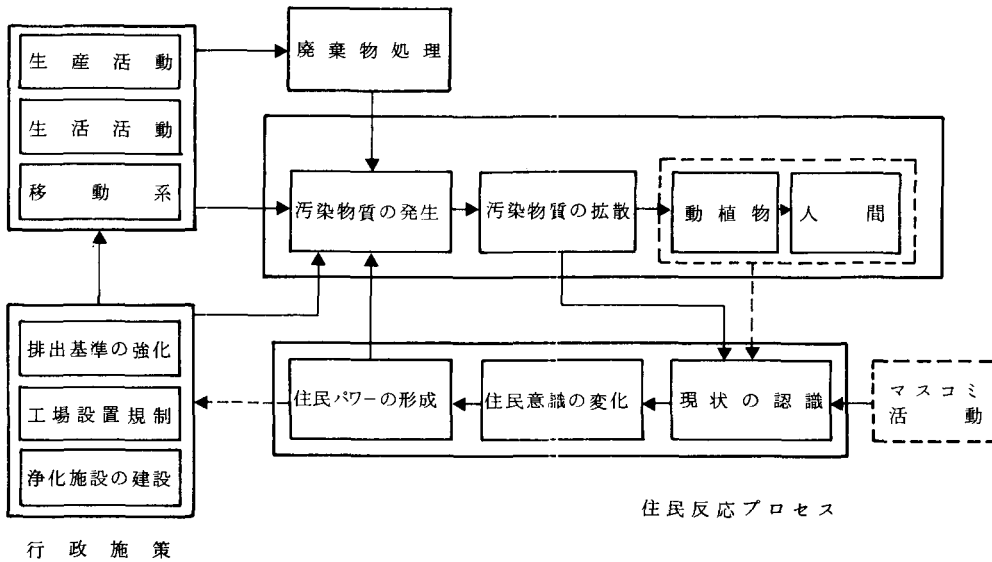


図6 環境系モデルの枠組

5. シミュレーション結果

以上に述べたモデルによるシミュレーション結果を概説する。対象地域は広島都市圏(広島市および周辺11町村)とした。シミュレーションの期間は, 本モデルが戦略的なレベルでの意思決定を対象とすることから20年間の長期間とした。シミュレーションは幾通りかのケースについて行った。設定したケースは, 広島市の基本計画などから判断して予想される場合(標準ケース; Sと略), およびこれを基準として特定部門に重点的に公共投資を行った場合(生活優先, 産業優先, 大量輸送機関の強化, 道路交通の強化, の4ケース)である。ケースSの場合の出力の一部を図7に示す。

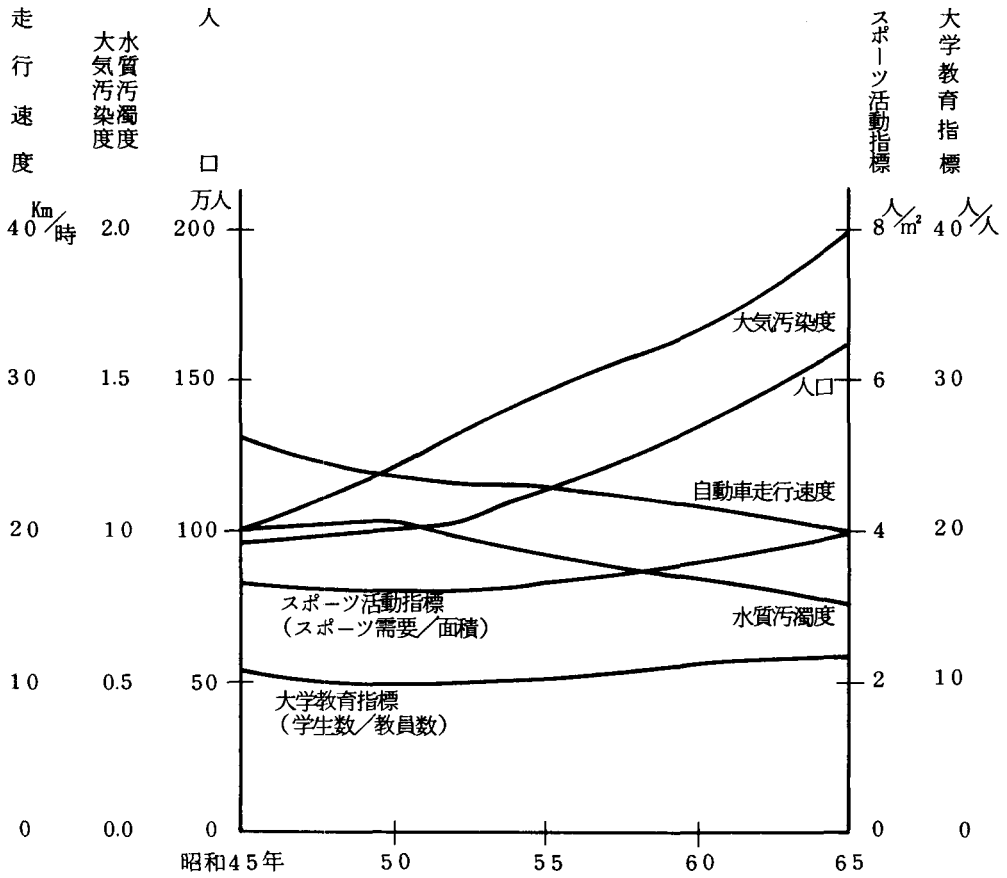


図7 シミュレーション結果(標準ケース)

ケースSと他のケースとの比較を容易するために、昭和65年時点での予測値の比較を表3に示す。また、各ケースで用いた政策変数のリストは表2の通りである。以下に、Sケースと他ケースとの比較を表3にしたがって若干述べる。

表 2 政策変数リスト

変数	標準ケース(S)	他ケースでの手段	生活優先	産業の優先	大量輸送	道路交通
スポーツ施設面積	前年比 1.035	前年比 1.07	○			
文化活動施設面積	前年比 1.04	前年比 1.08	○			
保育所・幼稚園の面積	前年比 1.035	前年比 1.07	○			
大学の教員数	前年比 1.04	前年比 1.08	○			
病院処理可能件数	S45 S65 546.6 → 601.3	S45 S65 546.6 → 656.0	○			
下水道普及率	S45 S65 15% → 55%	S45 S65 15% → 95%	○			
消防・警察官数	前年比 1.04	前年比 1.08	○			
道路面積	前年比 市内 1.0 郊外 1.07	前年比 市内 1.04 郊外 1.14		○		○
岸壁総延長	前年比 1.1	前年比 1.2		○		
鉄道貨物取扱量	前年比 1.04	前年比 1.08		○		
バス/自動車速度比	S45 S65 0.7 → 0.7	S45 S65 0.7 → 0.9		○	○	
大量輸送容量	S45 S65 93.5 → 205	S45 S65 93.5 → 43.6		○	○	
公園面積	市内 前年比 1.05 郊外 50 → 340	市内 前年比 1.1 郊外 50 → 620	○			

表3 各ケースのシミュレーション結果
(S.65 時点での標準ケースとの比較)

変数	ケース	生活優先	産業優先	大量輸送の強化	道路交通の強化
総人口 (人)		+ 7.0%	+ 8.5%	+ 6.7%	- 3.0%
製造業 (事業所数)		+ 1.0	+ 1.4	+ 2.2	- 1.5
建設業 (事業所数)		+14.5	+74.3	+14.2	+41.4
第3次産業 (事業所数)		+ 2.0	+ 3.0	+13.0	-17.0
スポーツ需要量 (人・回)		+29.0	+10.9	+ 6.7	+ 2.9
文化活動需要量 (人・回)		+27.7	+13.5	+ 7.9	+ 4.3
就学前教育需要量 (人)		+14.5	+14.2	+ 8.2	+ 3.5
大学教育需要量 (人)		+24.0	+ 9.3	+ 5.3	+ 0.2
自動車交通量 (トリップ)		+13.4	+ 7.7	- 5.7	- 3.4
大量輸送トリップ数(トリップ)		+13.0	+15.0	+21.0	+ 3.0
大気汚染量		+11.0	+ 8.0	- 4.0	- 2.0
水質汚濁量		-31.0	+ 6.0	+ 2.0	- 1.0
スポーツ活動サービス水準 (m^2 /人回)		+51.5	-10.0	- 6.5	- 3.0
文化活動サービス水準 (m^2 /人回)		+66.7	- 3.8	- 7.4	- 3.8
就学前教育サービス水準 (m^2 /人)		+60.0	0.0	- 1.0	+ 1.0
大学教育サービス水準 (人/人)		+30.0	- 4.8	- 3.8	0.0
大量輸送混雑度 (人/台)		+13.0	-46.0	-43.0	+ 3.0
大量輸送速度 (km/hr)		-14.0	+65.0	+57.0	+70.0
自動車速度 (km/hr)		-14.0	+65.0	+ 5.0	+69.0

(1) 生活優先政策

生活系の公共施設に重点を置いた場合で、当然、生活系のサービス水準が向上し、1人当りの生活系活動量も増大する。しかし、これに伴って人口流入が増加（Sの7%増）し、その結果、大気汚染や交通渋滞が増加する。（Sと比較して、大気汚染量は11.0%増、自動車走行速度は14.0%減）。これは生活優先政策をとる場合にも、人口流入という要因について配慮しておくことの必要性を示唆している。

(2) 産業優先政策

産業関連の公共投資に重点を置いた場合には、人口がSと比較して8.5%増加し、このため生活系のサービス水準が低下することが予想される。また人口や産業の拡大に伴って環境悪化が進行し、Sと比較して大気汚染量は7.8%増、水質汚濁量は5.7%増となることが予想される。

(3) 大量輸送機関の強化

モデルでは大量輸送容量およびバス/自動車速度比を増加する形で扱っている。この場合には大量輸送のサービス水準が向上し、そのため自動車から大量輸送への乗り換えが生じ、大気汚染や道路渋滞が緩和することが予想される。（Sと比較して自動車速度は5.0%増）この結果、人口や産業が拡大し（Sと比較して人口は6.7%増、第3次産業事業所数は13.0%増）、生活系サービス水準はやや低下することが予想される。

(4) 道路交通の強化

道路建設に重点を置いた場合、交通のサービス水準が著しく向上する（Sと比較して自動車走行速度は70.0%増）にもかかわらず、人口はむしろ減少することが予想される。これは道路面積の増加は土地の不足を招き地価を高騰させ、その結果、人口や産業の流入が抑制されるためと解釈できる。自動車と大量輸送機関との関連についてみると、道路の走行速度の増大に伴って路面の大量輸送機関の走行速度も向上し、この結果、利用者の選好度はむしろ大量輸送機関の方に傾くことが予想される。（Sと比較して、自動車利用者は3.4%減、大量輸送機関利用者は3.0%増）

6. おわりに

本研究で対象とした都市機能のように ill-structured な対象についてSD法を適用する利点は、予測のツールとしてよりも、むしろ時間軸上での分析を通じて対象の特性や今後予想される問題を理解することにあると考える。今後は意思決定の場での適用を通じて都市機能の分析ツールとして充実を図りたい。

本研究を行うにあたり、地方行政シス広研究所および広島市役所 荒田誠之助氏ならびに上島輝彦氏に終始甚大なご協力をえたことを付記し、深く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- [1] Coleman, J., Introduction to Mathematical Sociology, The Free Press of Glencoe, London, 1964.

- [2] ㈱日立製作所システム開発研究所, 都市総合管理システムの研究開発報告書(1), 都市経営システム・モデルの開発に関する研究, (財)地方行政システム研究所, 1973.
- [3] House, P., The Urban Environmental System, SAGE Publications, Inc., Beverly Hills, 1973.
- [4] 飯尾要, 経済サイバネティクス, 日本評論社, 1972.
- [5] アイザード, W., ライデル, C. P. 著, 川嶋辰彦訳, 社会システムにおける一般均衡論, 情報社会科学講座, 学研, 1972.
- [6] Masser, I., Analytical Models for Urban and Regional Planning, David & Charles Ltd., Newton Abbod, 1972.
- [7] 村上泰亮, 熊谷尚夫, 公文俊平, 経済体制, 岩波書店, 1973.
- [8] 田村明也, 現代都市政策Ⅶ 都市の装置, 岩波書店, 1973.
- [9] Parsons, T., Smelser, N. J., Economy and Society, Routledge & Kegan Paul Ltd., London, 1956.