

京都大学工学部 正員 吉川 和広
 京都大学工学部 正員・小林 潔司

1. 緒言

近年の社会・経済活動の活発化・多様化は多くの大都市地域において著しい交通需要の増大や交通事故、さらに騒音や大気汚染といった種々の問題を引き起こしている。一方、このような都市交通問題に対しては交通施設の整備や質的改善、交通需要の抑制、総合交通体系の確立等、多方面からさまざまな対策が講じられてきた。都市交通問題におけるこれらの問題間の関連関係や問題と各種の対策の関連関係は相互に極めて複雑に影響を及ぼし合っており、非常に複雑な多重・多階層の構造を持った問題複合体を形成している。また、このような都市交通問題の複雑化ともなると、都市交通計画の策定においては、多面的・多角的な検討を必要とするようになってきた。

以上の状況のもとで都市交通計画にかかわる諸問題を合理的に解決するためには、まず複雑な都市交通問題の構造を的確に多重・多階層のシステムとして認識することが必要である。すなわち、①都市交通問題を構成している諸問題(問題項目)を可能な限り抽出し、②問題項目間の関連構造をより本質的に記述する一方、③問題項目を解決するための対策の体系的な整理を図り、④対策が問題構造にどのように影響を及ぼすかに対して十分に認識することが必要である。そして、⑤問題構造に即した適切なシステムを同定し、問題の解決を図るべくことが重要であると考えられる。

本研究では、以上のような問題意識のもとで大都市地域における交通問題を研究の対象としてとりあげるとともに、ISM(Interpretive Structural Modeling)手法を用いてこの問題をさまざまな限り論理的にシステムとして同定する方法について考察することとする。さらに、京阪神都市圏の都市交通問題を対象として実証的分析を行うことにより、この問題を多重・多階層のシステムとして同定することを試みることにする。

2. システムの構造化

本研究では「システム」を「多数の構成要因が有機的な連関関係を保ちながら、全体として固有の目的を帯びて行動するもの」と定義する。また、このようなシステムの定義のもとで「システムの構造化(System Structuring)」を「システムを構成する要因、入力、出力を明確にするとともに、システムが目的に向かって行動する」という観点からシステムの入力、要因、出力間の連関関係を相対し、システムの行動様式を記述すること」と定義する。

さて、一般にシステムの構造化といふことも記述精度や記述領域の広さといった記述レベルの違いによって、つぎのようなレベルが考えられる。①対象とする問題を問題項目の集合体としてとらえ、問題項目間の関連構造の明確化を図るレベル---記述レベル1、②問題や問題項目を構成している要因や要因間の関連構造を記述するとともに、問題解決の方向やそのための対策・手段を定義し要因とそれらの対策手段の関連構造をシステムとして概念的に記述するレベル---記述レベル2、③システムの境界を定義し、各種のパラメータを記述したり、システムの要因や要因間の連関関係をより具体的に変数・関数関係として記述するレベル---記述レベル3、④種々の統計データ等をもとにしてシステムの変数や関数関係をさまざまな限り定量的に記述するとともに定量化できない変数や関数関係の内容を整理するレベル---記述レベル4、⑤システムの挙動を説明できるような具体的なシステムの記述レベル---記述レベル5、等々が考えられる。

このような記述レベルのうち、初期のレベル(記述レベル1あるいは記述レベル2)の段階では取扱われる情報も言語情報を主とした概念的²⁾分析が中心となるが、記述レベルが高くなるにつれて数値的情報も取扱われりす

るなどシステムの記述内容もより具体化されていく。一方、システムの構造化において取扱う領域は通常記述内容がより具体化されるにつれて狭くなることが多い。このとき、ある記述レベルで構造化されたシステムの構造について分析することは、より具体的な記述レベルにおける種々のシステムを構造化する際の分析方針なり、あるいは構造化される個々のサブシステム間の相互の関連構造に関する基礎的情報を与えてくれる。また、これは反対に、より具体的な記述レベルにおける構造化によって得られた情報がより粗い記述レベルへフィードバックされ、当該の記述レベルにおけるシステムの構造が改良されることもある。このようにシステムの構造化のプロセスはいくつかの記述精度や記述領域の異なるレベルによって構成される多重・多階層のプロセスとして表現できると考える。

システム分析のプロセスにおいて、このようなシステムの構造化の重要性は認識されてはいるものの、システムの構造に対する分析を操作的な方法で行うという考え方やそのための方法論が十分に整備されていないため、ともすればとりまに欠けた個人的・組織的な経験情報を中心としてあまり具体的な形でシステムの構造化が行われているのが実情である。このため、種々のモデルの構築や分析とい、具体的な記述レベルにおいて、問題全体の中のごく一部分だけを相手にしていることが多く、問題全体と分析の対象として取扱、ている部分との関係については、あまり問題にされていながらたよである。この結果、対象とする問題に対して必ずしも適切な形でシステムの構造化が行われていたとはいえない³⁾⁴⁾。したがって、システム分析の方法を問題解決のためのより合理的かつ有効なものとしていくためには、緒言でも述べたように大規模で複雑な問題構造を的確に認識し、問題構造に即した適切なシステムを構造化していくことが重要であると考える。

本研究では以上の問題意識のもとに現在システムの構造化のための有効な手法と考えられているISM手法を都市交通問題の構造の分析に導入する試みを、システムの構造化のプロセスの中でも概念的な記述レベルである記述レベル1および2を中心に述べるものとする。そして、現在方法論の確立していないシステムの構造化に関する方向づけに寄与したいと考えている。

3. ISM手法による構造化の概要と手順

(1) ISM手法の概要

ISM手法とは「システムの構造、つまりシステムを構成する要因間の関連関係に重点を置いて系統的にシステムの多重・多階層の構造モデルを作る手法」⁵⁾である。ここに、構造モデルとはシステムの要因を点、要因間の関連関係とその方向を矢として、システムの構造を有向グラフで表現したモデルのことである。

ISM手法ではつぎのような手順で構造モデルを同定していく。すなわち、①責任ある問題担当グループが集団的な討論を続けることによりシステムの構成要因を抽出し、対比較法によって要因間の関連構造を定め、②得られた関連構造をコンピュータにより階層的な有向グラフとして表現する。③有向グラフをもとに討論により、有向グラフの改良を行い、構造モデルとして確定していく。(図-1)

ISM手法の特徴は、①システムの構造に対する解釈を有向グラフとして可視化できること、②さらに、構造モデルの作成の過程で得られる多くの情報によって、構造化を行う者が学習を通じてシステムの構造に対する認識を深めていく点にあるといわれている。さらに、③ISM手法では、個々の要因の概念や要因間の関連関係の意味内容をシステムの構造全体のなかでより明確に規定していくことができるという特徴も持っている。このように、ISM手法はシステムの構造や、それを構成する要因や関連関係の概念を操作的に取扱えるとい

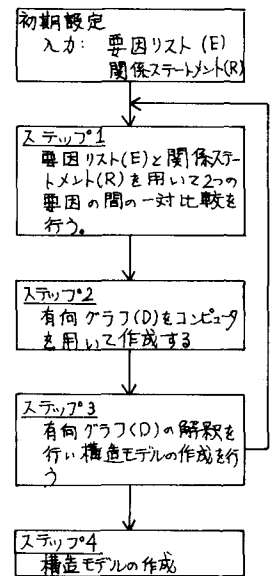


図-1 ISMの手順

う点で、システムの構造化のための有効な手法であると考える。

(2) 構造化の手順

本研究ではシステムの構造化の内容として具体的に以下のようなことを考えている。すなわち、①システムを構成する要因を抽出し(要因構造化の規定)、②要因間の関連関係を規定し(関連構造化の規定)、③構造モデルを作成することにより個々の要因の位置関係を明確にし(位置構造化の明確化)、④対策・手段の効果が問題構造化のように波及するみを明確にする(波及構造化の明確化)の4点である³⁾。以上の4つの構造化の明確化により、従来とまともに欠けた個人的・組織的な経験情報に基づいて理解されてきたシステムの構造化をより的確に把握できると考える。そこで、本研究では2.で説明したシステムの構造化のプロセスをふまえたうえで、図-2に示すような手順を設計した。この手順を本研究でとりあげる都市交通問題を例にとり説明することとする。

a) ステップ1-----問題項目の構造化

都市交通問題を構成する問題項目を抽出するとともに問題項目間の関連関係を規定することにより当該問題の構造を構造モデルとして表現する。このことを目的としてつぎのようなサブステップを設定した。

ステップ1-1-----計画者や技術者の都市交通問題に対する認識をアンケート調査や発想法により問題項目として抽出する。

ステップ1-2-----経験の豊富な計画者・技術者をメンバーとするグループを組織し、このグループの討論を通じて問題項目の整理を行い、その概念を規定する。

ステップ1-3-----「問題項目 P_i が悪化するればその結果として問題項目 P_j が悪化するかどうか」という文脈を用いて、問題項目間の関連関係の有無を一対比較法により規定する。

ステップ1-4-----ISM手法を用いて計画者・技術者の持つ認識構造を多重・多階層の構造モデルとして表現する。

ステップ1-5-----この構造モデルをもとに問題項目間の関連構造化や位置構造化を明らかにする。

b) ステップ2-----システムの構造化

本ステップではステップ1で構造化された問題を解決するための種々のシステムの構造化を行う。システムを記述するための要因を本ステップでは可制御要因(計画者が直接に制御できる要因)と状態要因(計画者が可制御要因を通してのみ制御しうる状態を表わす要因)に分類する。状態要因の中にもその状態要因のとり得る状態の程度で可制御要因の効果と判定できるような要因を特に評価要因と呼び残りの状態要因と区別することとする。このとき、システムの構造化を行うためにはつぎの2つの関連構造化を規定することが必要となる。すなわち、①状態要因間の関連構造化、②状態要因と可制御要因の関連構造化の規定である。以上の考えに基づいてつぎに示すようなサブステップを設定した。

ステップ2-1-----まず、システムの構造化の方針を決定する。さらに、システムを記述するための状態要因を抽出する。

ステップ2-2-----ステップ2-1で抽出した状態要因に影響を及ぼす可制御要因をアンケート調査や文献調査によって抽出する。つぎに、「可制御要因 O_i は可制御要因 O_j の一部を構成するか」という文脈を用いて可制御要因の体系化を図る。

ステップ2-3-----「要因 E_i は要因 E_j に直接影響を及ぼすか」という文

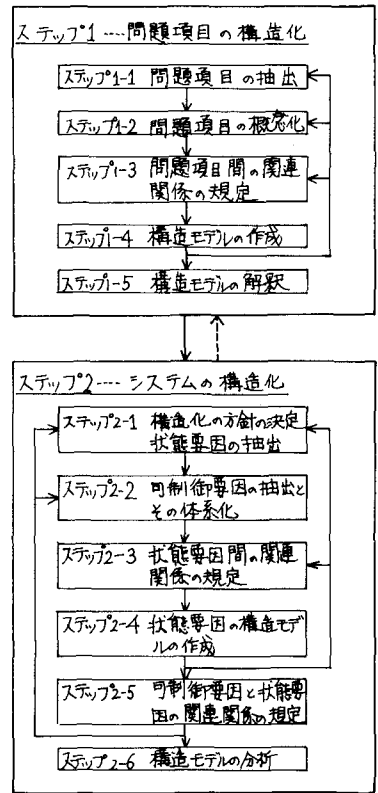


図-2 構造化の手順

脈を用いて状態要因間の関連関係の有無を一对比較法により規定する。

ステップ2-4-----ISM手法を用いて状態要因の多重・多階層の構造モデルを作成する。

ステップ2-5-----可制御要因Oには状態要因E_jに直接影響を及ぼすもの」という文脈を用いて可制御要因と状態要因の関連関係を二項行列として規定する。さらに、ステップ2-4で作成した構造モデルに可制御要因と状態要因の関連構造を付加する。

ステップ2-6-----以上で作成した構造モデルをもとに状態要因間の関連構造や、可制御要因の効果の波及構造について分析する。

4. 実証的分析

3.ではISM手法を用いて都市交通問題を構造化する手順について説明した。以下では、この構造化の手順を実際に京阪神都市圏における都市交通問題の構造化に適用した実証例について説明することとする。なお、この実証例は京阪神都市圏の12名の計画者・技術者を中心とするグループによって行われたものである。

(1) 問題項目の構造化-----ステップ1

a) 問題項目の抽出

京阪神都市圏の都市交通問題を構成する問題項目を抽出するために京阪神都市圏の府県市、公団、建設省直轄地等建設局等における現場の計画者・技術者、約100名を対象としたアンケート調査を実施した。アンケート調査の結果、約200個の問題項目が抽出された。しかし、これらの問題項目はアンケート調査による網羅的に抽出された単語の集合であるため、単語の意味内容の間に重複があり、たり包含関係があることが見出された。(ここでいう包含関係とは「問題項目P_iの意味する内容の1つとして問題項目P_jの意味内容が含まれている」というような関係をさす。)そこで、問題項目の意味内容を整理することを目的として、問題項目の持つ「記述の概念レベル」に着目しながら概念レベルの高いものから順に枝わかれする形で図-3に示すような関連樹木図を作成した。この結果、表-1に示すような28個の問題項目を抽出した。

b) 関連関係の規定

本研究では都市交通問題の問題項目の関連関係として、問題項目間の因果関係の有無に着目することとした。すなわち、「問題項目P_iが悪化するれば、その影響を直接受け問題項目P_jが悪化する」という文脈を用いることにより、問題の悪化の方向や悪循環のメカニズムを分析することとする。そこで、まず上記の文脈を用いて問題項目間の関連関係の有無を一对比較法によって求めた。この結果を二項行列として整理して図-4に示す。なお、二項行列B={b_{ij}}において問題項目P_iが問題項目P_jに因果を及ぼす時 b_{ij}=1、及ぼさない時を b_{ij}=0としている。

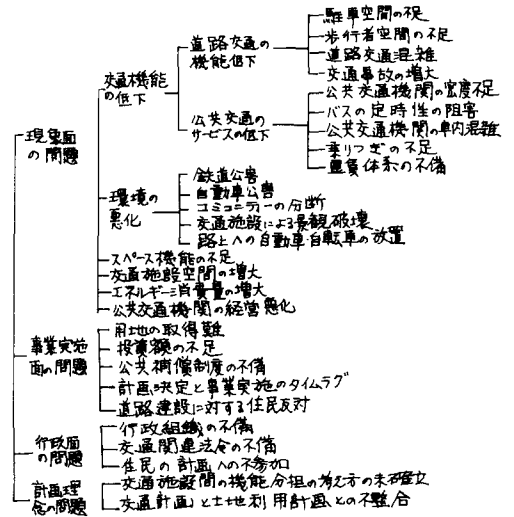


図-3 関連樹木図

表-1 問題項目リスト

- 1 駐車空間の不足
- 2 歩行者空間の不足
- 3 道路交通混雑
- 4 交通事故の増大
- 5 公共交通機関の密度不足
- 6 バスの定時性の阻害
- 7 公共交通機関の車内混雑
- 8 飲道公害
- 9 自動車公害
- 10 コミュニティの分断
- 11 交通施設による景観破壊
- 12 路上への自動車・自転車の放置
- 13 スペース機能の不足
- 14 交通施設空間の増大
- 15 エネルギー消費量の増大
- 16 公共交通機関の経営悪化
- 17 用地の取得難
- 18 投資額の不足
- 19 公共交通制度の不備
- 20 計画決定と事業実施のタイムラグ
- 21 道路建設に対する住民反対
- 22 行政組織の不備
- 23 交通関連法令の不備
- 24 住民の計画への不参画
- 25 交通施設間の機能分担の考え方の未確立
- 26 交通計画と土地利用計画の不整合
- 27 乗りつぎの不便
- 28 運賃体系の不備

さて、関連関係の規定の過程において、計画者・技術者各自が問題項目やその関連関係に対して異なった解釈を持っていけば、問題項目の規定に対して統一的に議論することができなくなる可能性がある。このため、関連関係の規定と同時に問題項目やその関連関係の概念化(『ことば』で表示する『意味する内容(外延)』を明確化する事)の作業を行った。このような作業を通じて、計画者・技術者各自が「ことば」で表現されている問題項目に対する共通認識を深めていくことが可能になると考える。概念化した問題項目の例を表-2に示す。なお、問題項目の意味内容は構造モデルが作成された時点ごとに構造全体の中で吟味されることとなる。

c) 構造モデルの作成

b) で得られた二項行列をもとにISM手法のアルゴリズムを用いて作成した多階層有向グラフを図-5に示す。なお、アルゴリズムの詳細は参考文献に譲るとしてここではアルゴリズムの概要をフローチャートとして説明することにせよ。(図-6)

さて、図-5に示す構造モデルではレベル2において16個の問題項目より構成されている最大循環経路集合(maximal cycle set)が位置している。このため、京阪神都市圏の都市交通問題を構造化するには図-5に示すような多階層構造モデルだけでは不十分であり、最大循環経路集合の多重構造の明確化が必要となる。

そこで、グラフ理論を応用することにより、この最大循環経路集合の構造化を図ることとなる。すなわち、まず最大循環経路集合に属する任意の二つの問題項目のペア(R_i, P_j)で

表-2 問題項目の概念化 (例)

1. 駐車空間の不足
 - ・駐車場の不足
 - ・鉄道駅周辺の交通広場・自転車置場の不足
 2. 歩行者空間の不足
 - ・都市部の歩行者空間の不足
 - ・歩行者・自転車の安全快適な通行の阻害
 3. 道路交通混雑
 - ・大都市周辺の慢性的な交通渋滞・道路施設の不足
 - ・朝夕のラッシュ時の交通混雑
- (以下略)

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28										

図-4 二項行列 (問題項目) *要因番号は表1参照のこと

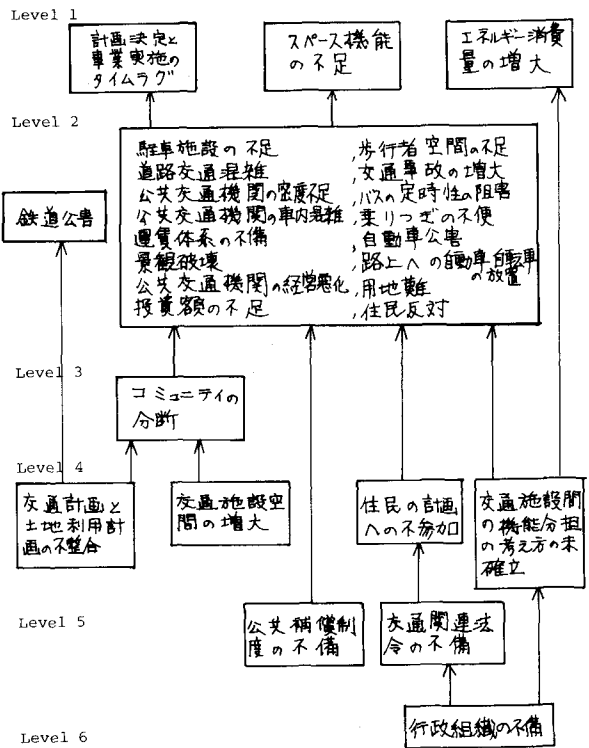


図-5 多階層構造モデル

定義される最短循環経路*の長さを示す最短循環経路長行列 (Geodetic Cycle Length matrix) を求める。(図-7) ここで、ある問題項目を含む最短循環経路の中でもっとも長さの短い最短循環経路の長さが2であるような問題項目をレベル(0-1)の問題項目と定義することとする。このようにして最大循環経路集合に属するすべての問題項目のレベルを決定していくことができる。以上の方法で求めたレベルをもとに最大循環経路集合の構造化を行ったが、この結果を図-8に示す。

イ) 構造モデルの分析

図-5に示す多階層構造モデルにおいて重要な意味を持つと考えられるのはレベル2に位置している最大循環経路集合であると判断される。この多階層構造モデルのレベル1に属する問題項目は「計画決定と事業実施のタイムラグ」「スペース機能の不足」「エネルギー消費量の増大」であり、他の問題項目から最終的に影響を受けるという特徴をもっている。一方、レベル4・5・6に属する問題項目はそのほとんどが他の多くの問題項目に影響を与えるが、他の問題項目の影響を受けないという、いわば本研究でとりあげた問題項目の中で基礎的かつ根本的な問題項目と考えることができる。そして、レベル2の最大循環経路集合が上記の両者と結びつけていることがこの構造モデルの大きな特徴となっている。

一方、図-8に示す多重構造モデルは「ある問題項目Aの悪化が他の問題項目の悪化につながり、さらにもとの問題項目Aの悪化につながる」という悪循環構造を示していると解釈できる。このような悪循環構造を構成している循環経路はつぎの2つのグループに大別できる。上は「公共交通機関に関する悪循環」の構造を示していると考えられるレベル2の問題項目を中心として構成される循環経路群であり、下は「事業実施面における悪循環」の構造を示していると考えられるレベル3,4の問題項目を中心として構成される循環経路群である。この両グループに同時に含まれ

* 要因iから要因jへ至る経路の中で最も長い経路に含まれる辺の数の最も短いものを最短経路と呼ぶ。このとき、要因iから要因jへ至る最短経路と要因jから要因iへ至る最短経路で構成されるような循環経路をP(i,j)と定義される最短循環経路と呼ぶこととした。

5	空層不足	0	4	3	9	5	9	9	8	4	3	5	4	5	5	3	6
6	定時性・準時性	0	0	3	6	7	9	6	8	3	4	7	4	7	7	3	5
7	車内混雑	0	0	0	7	6	9	7	8	3	3	6	4	6	6	6	6
1	駐車場不足	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	6	6	6	5	7	9
9	自動車公害	0	0	0	0	0	9	6	8	4	8	4	8	8	4	9	6
11	景観破壊	0	0	0	0	0	0	5	9	9	5	9	9	5	9	5	12
12	自動車の設置	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	5	6	6	5	7	9
2	歩行者空間不足	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	4	8	4	8	4	11
3	道路交通混雑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	3	5	
16	経路悪化	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	8	8	3		
17	用地取得難	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	4	6	9	
18	投資難	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	3	6	
4	交通事故	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	9
21	住民反対	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9
27	乗り場の不便	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
28	運賃付加	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	7	1	9	11	2	3	17	18	21	27	28				

図-7 最短循環経路長行列

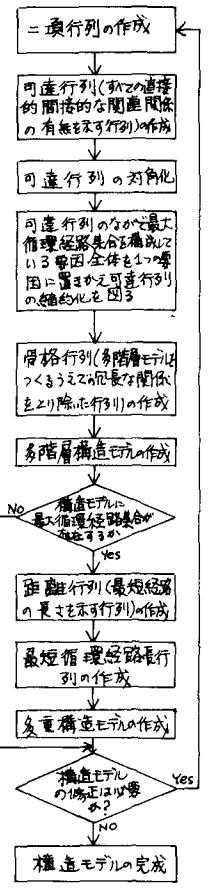


図-6 ISMのアルゴリズム

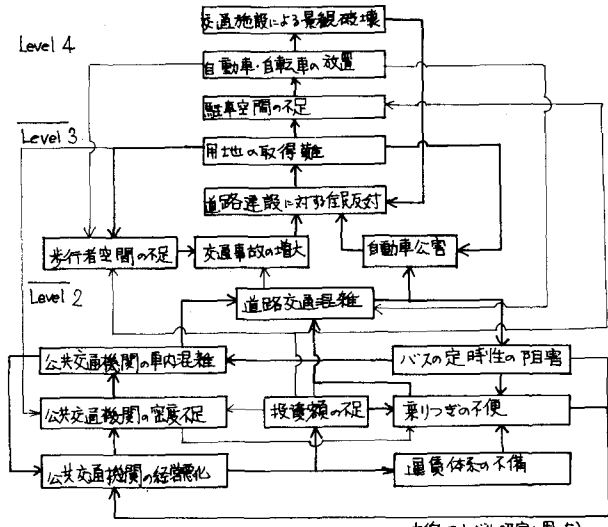


図-8 多重構造モデル (太線はレベル決定に用いた循環経路を示している)

若交通の安全性を求め要因群に至る経路の2種類に大別できる。

つぎに、最大循環経路集合に含まれる循環経路は2つのグループに分類できる。1つは図-13のほぼ右半分に位置している公共交通機関の問題を示している循環経路群であり、もう1つは、図の左半分に位置している道路交通にかかわる要因によって構成されている循環経路群である。そして、「道路交通混雑度」、「自動車交通量」という2つの要因がこの両グループを結びつけていることがわかる。

最後に、可制御要因と状態要因の関連構造と可制御要因の効果の波及構造について分析することとする。すなわち、図-12、図-13に示される状態要因の多重・多階層の有向グラフに状態要因と可制御要因の関連構造を付加しに構造モデルを作成することにより、「ある可制御要因(群)を興行した場合にその可制御要因がどのような状態要因に働きかけその効果が他の状態要因にどのように波及していくかについて分析できる」と考える。

状態要因と可制御要因の関連構造を付加した構造モデルを種々作成したがその1例を図-14に示した。例としてとりあげた構造モデルは、特に「バス交通の問題」と関係が深いと考えられる10個の状態要因と16個の可制御要因によって作成したものである。バス交通問題に対する可制御要因は大別して循環経路に属する要因に直接働きかけるものと、「バスのネットワーク」

等の多階層構造モデル(図-12)におけるレベル5,6の施設整備に関する要因に働きかけるものに分類できる。これらのことにより、例としてとりあげたバス交通問題を解決するためには施設の建設・整備といふ根本的な対策を十分にを行い、さらに図-14に示すような交通制御の各手法を作用することにより、より望ましい結果が得られるように努めることが必要であると考えらる。

5. 結言

本研究では、ISM手法を用いて都市交通問題の構造を定める限り論理的にシステムとして構造化する方法について考察した。すなわち、システムの構造化を行う際には①システム

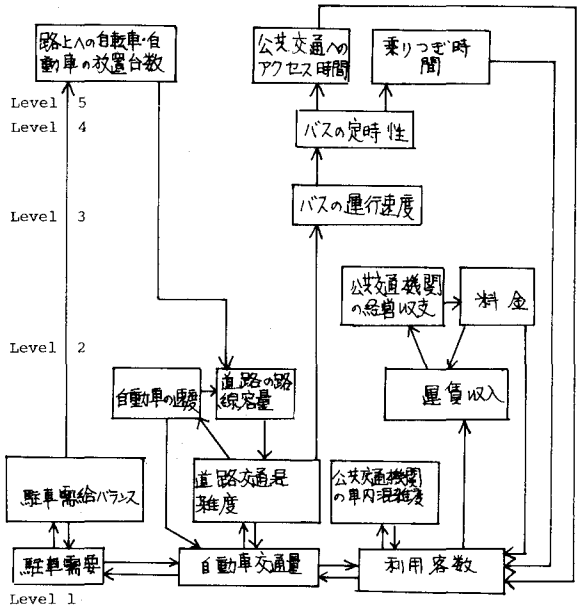


図-13 多重構造モデル

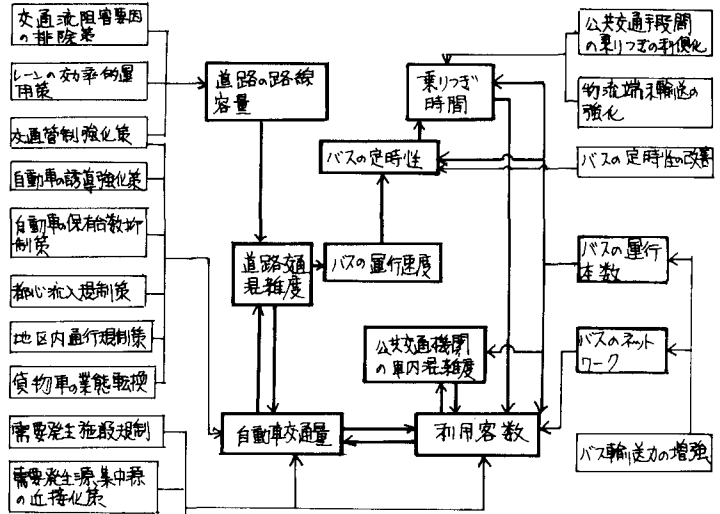


図-14. 状態要因と可制御要因の関連構造を付加した構造モデル

ムの要因構造, ②要因間の関連構造, ③位置構造, さらに④可制御要因の効果の波及構造を明確化することが必要となることに着目し、つぎのような構造化の手順を設定した。すなわち、①問題に含まれている問題項目の関連構造を計画者の認識をもとに二値的に規定する。さらにこの関連構造を構造モデルとして表現する。②問題項目の内容を記述するために状態要因を抽出するとともに状態要因の関連構造を構造モデルとして表現する。さらに、問題項目を解決するための可制御要因を抽出し、可制御要因と状態要因の関連関係を状態要因の構造モデルに付加することにより可制御要因の効果の波及構造について分析する。

以上の方法を実際に京阪神都市圏の都市交通問題の構造化に適用し実証的な分析を行った。これらの分析により得られた結果はつぎのように要約できる。すなわち、①京阪神都市圏の都市交通問題の根本には行政面や計画理念にかかわる問題項目が位置し、これらの問題項目は悪循環を繰返している最大循環経路集合内の問題項目に懸絡を及ぼす。さらに、「計画決定と事業実施のタイムラグ」となって現われてきている。②問題項目の最大循環経路集合は主として現象面あるいは事業実施面の問題項目による構成されている。この構造は、「公共交通機関に関する悪循環」および「事業実施面の問題項目と交通公害を主とする悪循環」の2つの悪循環経路集合による構成されている。そして、「道路交通混雑」がこの2つの悪循環経路集合を結びつけている重要な問題項目である。③都市交通問題を解決する対策手段の1つとして「既存の交通施設の効率的な運用を図るための対策」が考えられるが、このような対策手段は都市交通問題の中にも現象面の問題項目に直接働きかけるという特徴を持っている。すなわち、主として悪循環経路に属する問題項目に直接影響を及ぼし、結果として悪循環をくり返していたすべての問題項目に効果を及ぼすこととなる。以上の諸点は、本研究においてはじめて明らかにされたものではなく、部分的には従来より多くの研究者や計画者・技術者によって指摘されていたことである。しかし、都市交通問題の構造を本研究ごりあげたような「システムの構造化」という上の方法をとおして統一的な観点により構造モデルとして明確に提示し得たという点に本研究の1つの意義があると考ええる。

今後、このような「システムの構造化」の方法をより充実したものとしていくためには以下のことが検討課題として残されている。①本研究ではシステムの構造化のプロセスのうち主として概念的な記述レベルにおける構造化の方法について述べた。今後は、種々の統計的分析手法等の導入を図り、より具体的な記述レベルにおけるシステムの構造化の方法を整備する必要があると考える。また、②現場の計画者・技術者の都市交通問題に対する認識の方法や、問題項目の重要度に関する計画者の認識構造に対しての分析を行うとともに、計画者の経験や認識構造の差異が構造モデルにどのように反映されるかといったシステムの構造化の方法そのものに対する基礎的な分析を行う必要がある。これにより、要因の選定や関連関係の規定の際の判断の基準をより明確化することができると考える。このように、今後に残された課題はいくつかあるものの本研究は現在方法論の確立していないシステムの構造化に関する上の方向づけに寄与できたと考える。

最後に、本研究の遂行にあたり終始多大な御助言・御協力を賜り、京都大学工学部春名助教授・山本幸司助手に心から感謝の意を表します。さらに、本研究の遂行のために結成した研究グループに多忙な職務のかたわら其人々務りし多大な御協力をいただいた計画者・技術者各位にこの場をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 森田悦三「バイパス道路計画問題における構造機能分析に関する研究—ISM手法の理論導入—」京都大学工学部卒業論文、1978。
- 2) K. Yoshikawa & K. Kobayashi, "Applying the ISM to Transportation Planning," Proc. of IIASA Symposium in Vienna, 1974.
- 3) 吉川和広, 小林梨司, 土肥弘明, "ISM手法による京阪神都市交通都市交通問題の構造化に関する考察" 第24回年次学術講演会概要集, 1978。
- 4) 吉川和広, 春名政, 小林梨司, "バイパス道路計画問題における構造機能分析," 工学部第23回年次学術講演会講演概要集, 1978。
- 5) 河村和彦, "複雑な社会問題と取扱い手法; Interpretive Structural Modeling," 計規と制御, Vol. 16, No. 1, 1977.
- 6) J.N. Warfield, "Structuring Complex System," Buttle Monograph, 1974.
- 7) 京阪神都市圏総合交通運営計画調査委員会事務局, "京阪神総合交通運営計画調査報告書," 1978