

Ⅳ— 5 都市環境整備における意識動向の構造化について

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋 誠一

1. はじめに

最近都市計画策定のための、その対象となる都市の現状分析および将来の方向を情報として把握する方法に、各種の意識調査が用いられ、すでに有力な手法になりつつある。これらは、都市計画の中心課題の1つである都市環境整備目標の重要性把握など多様な量的質的ニーズや、ボトムアップ方式の計画策定プロセスの確立などにも利用されており、生活環境項目の満足度や欲求の程度などの評価による総合的施策の推進に役立っている。

しかしながら、この種の検討方法は、意識の現状把握に効果的な反面、様々な状況に対応する意識の変化、あるいは意識の動向について多くの課題が残されている。また、調査方法についても、統計学理論に基づく分析ができる反面、問題解決のための対話型意見収束プロセスなど、弾力的、かつアクティブな考え方の適用が難しい。したがってここでは、それらの課題を解決すべき概念と、分析方法について、最近の研究について整理し、特に動学的構造モデリング (Dynamic Structural Modeling) の新しい手法の開発と、その適用例について検討を試みることとする。その第1の具体的目的は、社会システムに存在する様々な問題複合体の明確化階層的整理を行なう方法である構造モデリング手法についてその適用例による検討である。またその第2の目的は、構造モデルの時間的変化に対応する方法の開発である。また、それらの構造モデルの位置づけを行なうための構造モデリングの概念についても整理を行なった。

2. 構造モデル構築方法と、モデルの機能

構造モデルは、複雑なシステム構造を、要素の決定と、その要素と要素の間のより単純な関係を観察し、それら相互の関連性を数学的方法を駆使しながら全体構造に同定させる方法である。すでに1960年代後半から多くの方法が開発され、基礎的な分析方法だけでも40余りのものがあると報告されている。⁽¹⁾ それら基礎的方法から派生したものについて日本で開発されたものに限っても、FSM,⁽²⁾ IPSM 等数種作成されている。また構造モデルは問題志向 (Problem Oriented) で、要素相互の因果 (Causal Factor) を明らかにするものであるが、社会システムにおけるダイナミックシミュレーションとして使用頻度が多いシステムダイナミックスも構造モデルの1つと考えられる場合もある。このように構造モデルを説明する概念としては、システム分析そのものの定義に類似しているものが多く、そのいくつかを示すと次のようになる。

①構造モデリングは、複雑な問題、システムあるいは、その研究分野についてその構造パターンを表わすためのグラフと記述手法を併用した方法論である。(J. Warfield⁽³⁾)、②構造モデリングは、システム構造を理解するため、その関係についての議論を聞かせるものである。(McLean & Shepherd⁽⁴⁾)、③構造モデリングは、各要素の量的把握より、その時間的変化や、均衡状態を明らかにすることに重点がおかれた方法といえる。(D. Cealock⁽⁵⁾)

結局、これらの概念をまとめると、構造モデルは、複雑なシステムとして観察される問題の要素集合とその相互関係を、数学的手法、例えば特に用いられるのはグラフ理論であり、それらによって明示的な図あるいは表によって表わしたものであると考えることができる。

次に今まで開発されたモデリング方法について、それらのいくつかの性質によってまとめると以下のようになる。

1) 変数の数；一般的に構造モデルは、一対の変数関係から全体構造を把握することから出発している。したがって変数の数を多くすれば、それらの組合せの関係把握が困難になるので多くのモデルの変数は、20前後である。しかしながら、関係把握が容易であれば、コンピュータ支援によって100以上の変数の導入も可能である。

2) 結合関係；構造モデルの結合関係は、問題複合体の個々の要素関係を表わすのに重要である。その結合方法としては、累積的關係 (ある2つの変数 x_i と x_j で、 x_i が一定であっても、 x_j が変化する場合)、比例的関係 (逆に x_i が変化した時のみ x_j が変化する場合)、関数依存結合 (2つの変数の間の関係が他の要素に依存する場合)、遅

れ結合（インパクトが時間的遅れでのみ影響を受ける場合）、非一対結合（2つあるいは、それ以上の変数が他の変数に影響する場合）などが考えられ、各構造モデルによってこれらのいずれかの関係が導入されている。

3) 分析特性；多くの方法は、線形的数値で扱われ、推移性の概念が導入される。ただいくつかの場合は経験的データを具体的に用いることができ、そのデータは、ほとんどの場合主観的質的データである。それらを分析することによりモデル作成が可能である。また因果ループは、因果関係とフィードバックループを作成することであり、その作成においてもいくつかの方法がある。

4) 時間的特性；時間属性は、次の4段階に分けられる。①静的モデル……時間的変化に対して変わらないモデルで一定値をとる。②短期的移行モデル……変化に対して短期的反応を表わすモデルである。③動学的モデル（時間単位未定）……アルゴリズムは、連続時間の増分によりそのシステム挙動を計算するが、時間増分について厳密な定義をしなくてよく、利用者の任意性が保たれる。④動学的モデル（時間単位既知）……アルゴリズムは、連続時間増分によってシステム挙動を計算する。そして時間増分には、特定時間の定義が必要である。

以上のような特性によってこれまで開発されたモデリング手法は分類されるが、最も大きい特性を示すのは、4)で述べた時間的特性である。例えば、静的モデルの代表的なものは、ISM (Interpretive Structural Modeling) であり、一対比較データおよび推移性の仮定、比較可能による可到達行列の作成、部分分割などによって多階層構造モデルの構築を行なうものである。なおISMの要素数は、最大120程度まで導入することができる。短期的移行モデルでは、SPIN、IMPACTなどがあるが、これは、重みづけ符合は従属行列にパルス分析、遅れ行列などを導入し、時間的変化を分析するものである。後述する本論のモデルも、この型とモデルと考えることができる。また動学的モデル（時間単位未定）としては、KSIMがよく知られている。KSIMは、クロスインパクト分析の1つで、状態変数が、時間的に状態変数の正負のインパクトから構成される指数によって変化する確率過程を有するモデルである。⁽⁶⁾すなわち、正負のインパクトは、要素相互の変化に対するインパクトと、それらの変化率に対するインパクトによって作成され、初期値と、それらの累積重みによって任意の時間における指数値を定義し、状態変数（要素の状態）が決定される。

G. G. Lendaris によって考案された構造モデリング手法の選択手順に、二三のモデルを付加してとりまとめたのが、図1である。⁽⁷⁾

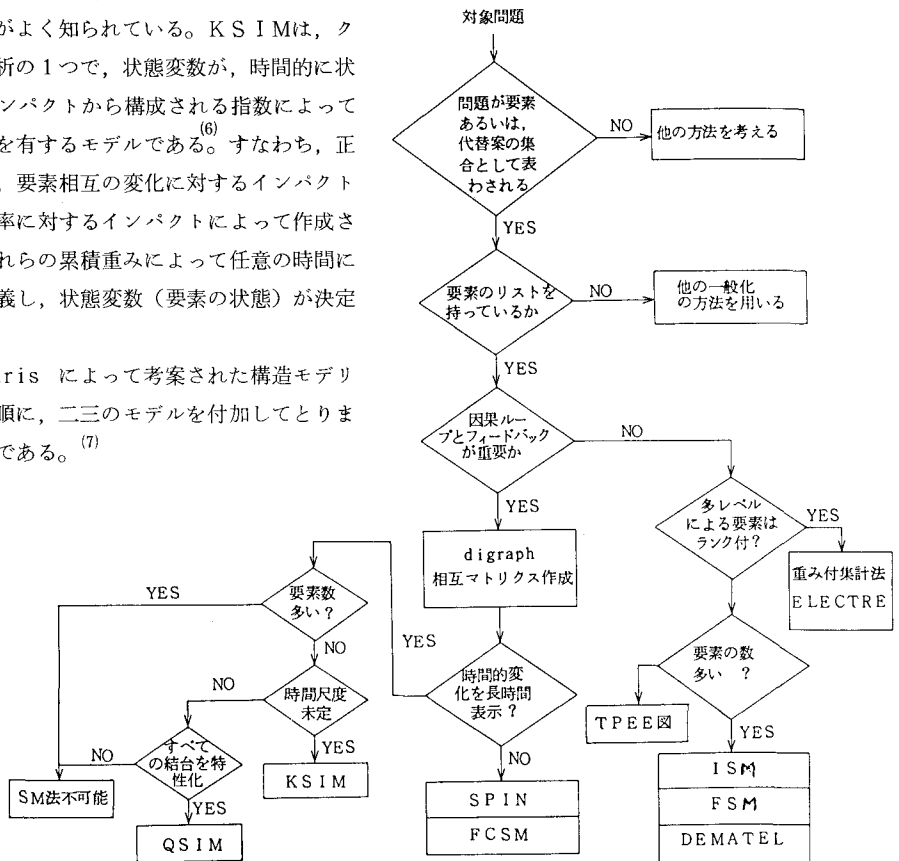


図1 構造モデル選択手順

3. 意識動向の構造モデルの提案と応用

2で述べたように、構造モデルの時間的挙動を表わす方法としては、Impact、SPINなど短期的移行を表わすものと、長時間のモデルの挙動を表わすKSIMやQSIMなどがある。

本論での意識動向の構造モデル構築の方法として、短期的移行性すなわち現在の構造がある目標時点でのように変化するかという問題を考える。具体的なモデリングの方法としては、住民意識調査によって現状、および将来について同時に回答を求め、それぞれの評価結果の結合により直接意識動向を求める方法(METHOD-I)と、静学的構造モデルに、制御インパクトを導入する方法(METHOD-II)を考える。またそれらのモデル構築手順を明らかにし、具体的な都市整備項目に対する意識動向についての分析もあわせて行ない考察を加えることとする。

1) 意識動向構造モデル [METHOD-I]

i) モデル構築

本モデルは、現状での満足度評価と、将来における見通しあるいは、重要度評価を意識調査によって行ない、関心、将来の期待度など条件をともなった移行性について、現状と将来を関連づけるいくつかの指標を作成し、それらを用いて構造モデルを作成したものである。ここでの各指数についての、現状に対する評価項目 j から将来に対する評価項目 k への関心の移行性によって、表1に示すような数種類の指数を定義した。

好転指数は、現在は、満足していないが、将来良くなると考えている回答者の割合から作成された指数、また悪化指数は、その逆である。さらに高度化指数は現在満足しており、将来さらに良くなると考えている回答者の割合から、現在不満であるが、将来良くなると考えている回答者の割合を引いたものである。これは、満足している人々が、満足を強くする程度を表わしたものである。また、悪化進行指数は、その逆の考え方に基づいて定義されている。

モデル構築の手順としては、次に示されるアルゴリズムを考える。それらについて略述すると以下のようになる。

①意識調査……生活環境整備項目の現状の満足度および将来の見通し(ある場合には重要度)について5段階、3段階評価による意識調査を行なう。

②条件付相対頻度分布表の作成……項目相互について現状と将来の回答による相対頻度分布表を作成する。

③指数の算出……項目相互間で与えられた指数を計算し関心の移行性を明らかにする。

④頻度の相連性検定……項目相互間の頻度について統計的検定により相互関連性の判定を行なう。

⑤指数の相互比較……例えば、高度化指数について、 $I_A(j, k) > I_A(k, j)$ ……(6)であれば、項目 j が項目 k より高度な条件が期待されるとして、すべての指数の相互比較を行なう。

⑥影響度分析……各項目が相互に影響しあいあう程度を、次式で表わし、すべてについて計算を行なう。

表-1 各指数を表わす式

好転指数

$$IE(j, k) = \frac{P(k|j)}{1/2 [P(k|j) + P(k|\bar{j})]} \dots\dots(1)$$

悪化指数

$$ID(j, k) = \frac{P(\bar{k}|\bar{j})}{1/2 [P(\bar{k}|\bar{j}) + P(\bar{k}|j)]} \dots\dots(2)$$

高度化指数

$$IA(j, k) = \frac{P(k|j) - P(k|\bar{j})}{1/2 [P(k|j) + P(k|\bar{j})]} \dots\dots(3)$$

悪化進行指数

$$IAD(j, k) = \frac{P(\bar{k}|\bar{j}) + P(\bar{k}|j)}{1/2 [P(\bar{k}|\bar{j}) + P(\bar{k}|j)]} \dots\dots(4)$$

$$\left. \begin{aligned} P(k|j) &= \frac{N(k, j)}{N_j}, & P(k|\bar{j}) &= \frac{N(k, \bar{j})}{N_{\bar{j}}}, \\ P(\bar{k}|\bar{j}) &= \frac{N(\bar{k}, \bar{j})}{N_{\bar{j}}}, & P(\bar{k}|j) &= \frac{N(\bar{k}, j)}{N_j} \end{aligned} \right\}$$

$$j, k=1, \dots\dots N \dots\dots(5)$$

$N(k, j) [N(k, \bar{j})]$: 項目 j について満足している [いない] と回答し、かつ項目 k についてよくなると回答したサンプル数。

$N(\bar{k}, j) [N(\bar{k}, \bar{j})]$: 項目 j について満足している [いない] と回答し、かつ項目 k について悪くなると回答したサンプル数。

$N(j) [N(\bar{j})]$: 項目 j について満足している [いない] と回答したサンプル数。

影響度 $D_A(l) = \sum_{n \in l} I_A(l, n) \cdots \cdots (7)$

ii) 適用例

本モデルについては、現在工業開発が進行中の地域の周辺市町村を対象として実施された意識調査結果の検討に導入された。ここで考えられる都市生活環境整備項目は、表2に示されるものを用いた。図2は、対象地域において最も工業開発に批判的であった地区の1つN地区の104のサンプルによって作成された構造モデルの一例である。この場合の指数は、高度化指数を用いている。この結果についてまとめると次のようなことがいえる。

①工業開発に伴って最も期待が高い項目として雇用収入項目が高いことが分る。②また自然、保全性を示す項目は、最も下位に現われている。③さらに非公害項目、消費性項目、保健性項目などにも高い期待を持っていないことが示されている。④居住性項目は、いずれとの関連性も少なく開発の影響を受けないことが明らかとなった。図3は、影響度分析の結果である。これによると、最も強い影響を受けるのは、森林緑地保全項目であり、風紀性、非公害性項目も相対的に被影響度が大きい項目である。一方影響度の強い項目は、雇用・収入項目、文化、交通情報にかかわる項目であり、開発による活発な地域発展と、開発から受ける環境要因について明確な対照がみられる。

被影響度 $A_A(l) = \sum_{n \in l} I_A(n, l) \cdots \cdots (8)$

表2 環境整備項目とその内容

	No.	整備項目	具 体 的 内 容 (たとえば)
安 全 お よ び 健 康 に 関 す る も の	1.	保 健 性	・どんな病気をして、すぐに病院で治療ができること。 ・伝染病等が発生しない衛生的な町であること。 ・健康に関する様々な相談ができ、施設も充実していること。
	2.	非 公 害 性	・大気、水、騒音、振動、悪臭などの問題がない町であること。
	3.	防 災 性	・地震、風水害、雷害などの災害に対して、被害を出さない町であること。
利 便 性 お よ び 効 率 性 に 関 す る も の	4.	交通、情報	・町内、あるいは周辺地域との交通の便あるいは連絡がよいこと。
	5.	消 費 性	・日常用いる品物あるいは、生活に必要な品物、さらに高級な品物も容易に手にはいること。
	6.	雇用、収入	・働く職場があり、かつ十分な収入が得られること。
人 間 性 お よ び 社 会 性 に 関 す る も の	7.	共 同 連 帯 性	・町内、近所の人々が助けあい協力しあうことができる。
	8.	風 紀 性	・町内の風紀を良くし、犯罪がないような町であること。
快 適 性 お よ び 文 化 性 に 関 す る も の	9.	文 化 性	・町内で、いろいろな文化的行事を楽しんだり、文化的施設を充実すること。
	10.	福 祉 性	・お年寄りが苦もなく生活でき、またすべての子供たちが希望を持って成長できるような町であること、また施設が十分であること。
	11.	教 育	・すべての希望者が、高校、大学等の高等教育を受けられるようにすること。 ・また小学校、中学校の通学が容易であること。 ・生涯教育を受けることができる。
	12.	居 住 性	・自分たちの希望する大きさ、価格等の住宅が、容易に手にはいること。
	13.	娯 楽 性	・レジャー・レクリエーション等が十分でき、楽しみを受け易いこと。
	14.	森 林 緑 地 保 全	・町内の森林、あるいは、緑地を保全すること。
	15.	動 物 保 護	・野生動物生息の保護や、開発防止をすること。

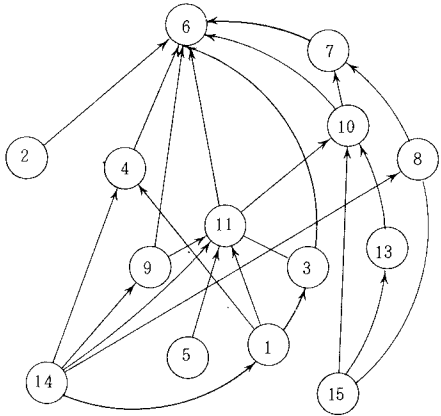


図2 指数 I_A によって得られた階層構造

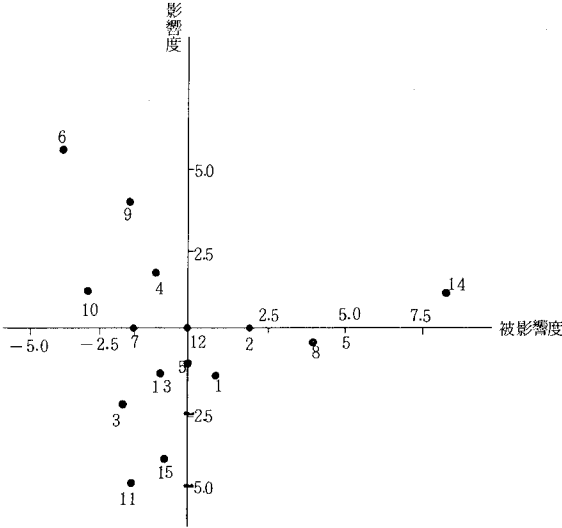


図3 影響度分析による構造把握

2) あいまい制御構造モデル (FCSM) [METHOD-II]

1) モデルの考え方

静学的構造モデル構築方法としてのFSM法の適用については、すでにいくつか試みられている。⁹⁾ここでは、FSMの考え方を拡張し、いくつかの将来起りうる代替案について評価できるような制御可能なモデル構築方法について考える。一般に、FSMで構築されたモデルは、与件や、制約がない状態か、たとえあっても各被験者個々の暗黙的な条件設定と考えることができる。すなわち、静学的構造モデルは、制御度数や制約条件といった諸条件が存在しない準定量モデルとして位置づけされている。しかしながら実際には暗黙的条件や、それらが組合わされたシナリオが設定され要因の相互比較を行なう場合が多い。ここでは、FSMで作成された構造モデルは保存しておいて、代替案に伴う条件を外部からインパクトとして導入し、モデルの応答を考える。導入する入力条件も、あいまい概念を用い、ある立場、あるいはある条件を仮定した場合、あいまい概念に基づくあいまい制御変数によって構造が変化すると考える。それらの変化に寄与するあいまい制御変数が、だいたい $u(x_i)$ であると評価されると、各項目指の結合は、あいまい集合の直積

$$u_f(x_i, x_j) = u(x_i) \wedge u(x_j) \cdots (9)$$

で決定される。ある条件下でのあいまい従属行列は、あいまい関係システムの概念によって

$$[a^*(x_i, x_j)] = (\bigvee_k [a(x_i, x_k) \wedge u(x_k, x_j)]) \cdots (10)$$

と表わされる。これらは、状態 $a(x_i, x_j)$ と入力 $u(x_i, x_j)$ とで決定される新しいあいまい状態と考えることができる。ここでの $u(x_i)$ は、他の方法、本論ではNGT (Nominal Group Technique) によって各項目に対する重みを評価することによって求められる。

1) 適用例

本モデルの適用は、前述の対象地域と異なる札幌市に隣接した人口急増のI町で行なった。質問は、各階層に属する43名に一对比較アンケートにより行ない、集計した。これらの市町村での将来の環境整備における主要な課題は、市町村の独自性を生かしながら、大都市との協力体制を図らなければならない点である。今2つの代替案(①大都市との協力体制を積極的に推進した場合<Case-I> および②町の独立性を最大限に生かした計画作りを行なう<Case-II>)を考え、前述した(9)~(10)の方法を適用する。その結果、図5~図7が得られる。図5は、当初の基本形であり、図6は、Case I の場合、図7は、Case-IIの場合である。総じてCaseIIの場合、独立レベルに多くの項目が現われる。これは、町の独自性を生かした場合、整備可能な項目がかなり減少することを説明していると考え

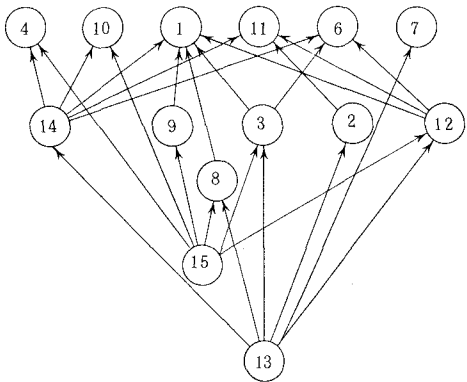


図4 整備項目の階層構造 (P=0.6, λ=-0.3) [全サンプル]

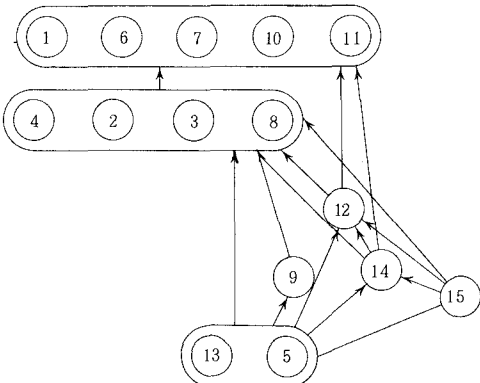


図5 将来予測シナリオ (Case-I) を導入した場合の階層構造 (P=0.6, λ=-0.3) [全サンプル]

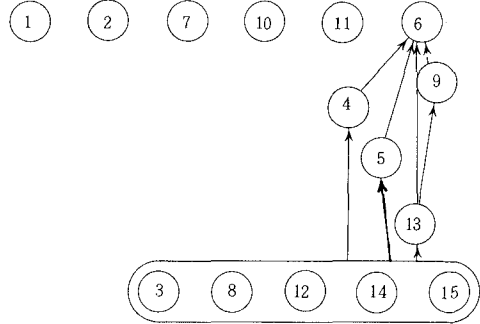


図6 将来予測シナリオ (Case-II) を導入した場合の階層構造 (P=0.6, λ=-0.3) [全サンプル]

えられる。表3は、町の中を3つの地区に分割し、本方法を適用した時各レベル分割された項目を整理したものである。これをみると各地区ごとに構造的差異が認められ、特に旧町中心地区では生活の質充実が相対的に高いレベルにあるが、逆に新興住宅団地地区では利便性、効率性に属する項目が高いレベルにある。またCase I では、風紀性項目、Case II では、交通情報項目に強い重要性をみることができ。総じて、構造モデルの基本形 (Original Form) に近い形をしているのがCase I で

ある。このことは、基本形にCase I の制御を加えても大きな変化を示さず構造が安定している。すなわち、基本形は、大都市依存型に近い形をしており、町の発展方向もそれに近いものを志向していることを読みとることができる。

4. 考察とまとめ

以上のように、構造モデルの中で特に意識動向を検討するための2つの方法を提案した。前者は、一般的なアンケートの5段階評価法から、後者は、一対比較の質問から各項目の因果関係を分析し、全体構造の同定を行なったものである。このように、従来行なわれていた一対の関係から全体構造を把握する方向から最近一般的な意識調査結果より構造モデル作成の方法が多くみられる。この方法は、調査のしやすさ、統計理論の適用性などにおいて多くの長所を持っており、今後その利用についてより多方面の検討が必要であろう。また、今回検討したアクティブな構造モデルは、計画行政に直接利用できる情報を提供すること、異なった階層の異なった意見の集約あるいは、それぞれの考え方を理解しあいながら、それらの変化の度合まで、図表示によって適確に把握可能であり、計画策定プロセスに組み入れる必要がある。しかしながら問題点もある。その最も大きな点は、構造モデルの検証である。これらの検証方法は、今後の課題であるが、特に今回の構造方法は、対話型でモデルを作りあげるの、意見を出しあいながら構造モデルの修正を行なう方法も一つの解決方法といえる。

5. 参考文献

- 1) Lendaris, G. G. ; Structural Modeling—A Tutorial Guide, IEEE Trans. Sys. Man & Cybern., December 1980, pp 807—p 840.
- 2) Tazaki, E., Amagasa, M. ; Structural Modeling in a Class of Systems using Fuzzy Set Theory, Fuzzy Sets and System 2., 1979
- 3), 4), 5), ; 1) に簡単な紹介がある。
- 6) Kane, J., ; A primer for a New Cross-impact Language—KSIM, Technol. Forecasting and Soc. Change, Vol 4, 1972, PP129—142.
- 7) ; 1) に同じ
- 8) 戸田光彦, 茅陽一; 福祉意識動向の構造分析, 計測自動制御学会論文集, 第18巻1号, S57. 1, PP23—29.
- 9) 例えば, 加賀屋誠一; 構造化手法を用いた計画目標の階層的評価に関する一考察, 土木学会北海道支部論文報告集第36号, 1980, PP243—248.

表3 地区別集計結果によるFSM法のレベル分割 (P=0.6, 入=-0.3)

地区 レベル	田町中心地区			農 業 地 区			新興住宅団地地区		
	Original Form	Case I	Case II	Original Form	Case I	Case II	Original Form	Case I	Case II
L t (S)	1, 10, 11	1, 10, 11	6	6	1, 3, 10, 11	4, 6	1, 6, 10	1, 2, 8, 10, 11	6
L i (S)	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12	2, 3, 6, 7, 8, 12, 14, 15.	4, 5, 13	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15	2, 7, 9, 12, 14, 15	5, 9, 13	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14.	3, 7, 12, 14, 15.	4, 5, 7, 13.
L b (S)	2, 13, 14, 15	4, 5, 9, 13	2, 3, 7, 8, 14, 15	13	5, 13	2, 3, 7, 14, 15	13, 15	5, 13	3, 7, 12, 14, 15
L id (S)			1, 10, 11, 12		4, 6	1, 8, 10, 11, 12		4, 6	1, 8, 10, 11

注1. 表5, 表6のLt (S), Li (S), Lb (S), Lid (S) はそれぞれ上位, 中位, 下位および独立レベル。

注2. 項目の数字は表2のNo に対応。