

# 社会的計画システムのための視覚型、対話型 情報処理システムに関する基礎的研究

## STUDY ON A VISUAL INTERACTIVE STRUCTURAL MODELING SYSTEM FOR SOCIAL PLANNING SYSTEMS

木 俣 昇\*

By Noboru KIMATA

### 1. ま え が き

現代は計画の時代である、といっても過言ではない。すでに指摘されているように、現代社会は、その体制のいかんにかかわらず、なんらかの計画性の原理を取り入れている。これは、有限系における発展過程がたどる 1 つの帰結であろう。というのは、有限な系内での自由な行動は、発展がある段階以上に達すると、不都合な結果を惹起させ、それによって規制されてくるからである。

「計画」には、このような規制、あるいは制御の技術という側面のほかに、未来に向かって、よりよきものを創造していくという、未来学的な、あるいは「可能性の技術」といった側面がある。それは、人間に固有な創造性の欲求に根差すものである。

さて、人間は、膨大な蓄積情報を持ち、そこからくる直観的認識力をもっているとされる。この力が、未来におけるよりよきもの、「可能態（デナミス）」へとわれわれの認識を向けさせる。ところが、この力は、先入観、あるいは思い込み等の無意識的なフィルターによって、偏りを示しがちである。その結果、マキャベリが指摘しているように、“……ある事を始める際に好ましくみえと、その中に含まれる毒物を見抜くことができない”<sup>1)</sup>という欠陥をたびたび露呈することになる。今日の巨大な環境破壊を許したものは、実はわれわれの認識力にあるこの欠陥性であり、それを補うための方法論とその機構化の遅れである。

著者は、「計画過信と計画不在」<sup>2)</sup>といわれるこの危険な時代を乗り越え、真に“可能性の技術”とよべる「計画」の時代を招来するためには、“人間”の認識力の諸特性を理解し、その欠陥を補い、その本来の能力を十分に引き出す有効な補助システムを工夫することが肝要であると考える。

われわれの認識力は有限である。しかも、それは、種々の要因によって偏っている。このような認識力でもって、未来の「可能態」の全体像を把握しなければならないところに、「計画」の真の困難さがある。われわれの認識力は、確かに有限で、一面的である。しかし、それは、一度“外部化”され、客観化されることによって、明析さを獲得するようになる。このフィードバック過程を繰返すことによって、認識は、漸次拡大、深化し、全体像に迫り得るようになる。このことを理解すれば、

① 計画化の過程を全体とのかかわりあいのもとで部分化する（分節化）とともに、

② 認識を“外部化”し、フィードバックさせる過程を迅速化させるシステムを開発する、

ことによって、われわれの認識力の有限性を補い、かつその本来の能力を引き出し、「可能態」の全体像に迫るという方法論は、十分に検討に値するものであることがわかる。

まず、計画化の過程は、

- (i) 現状把握、問題発掘の段階
- (ii) 手段発見、計画面発想の段階
- (iii) 計画面提示、社会的意志決定の段階
- (iv) 計画面実施、結果の監視の段階

に分節化できる。もちろん、これらの段階に強く関連してくる「主体（人間）」は、単数の場合もあるし、複数の場合もある。それには、「専門家」もいれば「一般人」もいる。これらの人々が、それぞれの段階で十分にその能力を発揮できること、このことが、「可能態」の全体像に十分に迫り得るための必要条件の重要な 1 つとなる。

さて、認識を“外部化”して、そこからのフィードバックを得て、その拡大、深化を計るという考え方は、創造性理論、あるいはパターン認識の理論等の分野では、有力なパラダイムの 1 つである。たとえば、川喜田が提唱している KJ 法や J.M. ワーフィールドが提案してい

\* 正会員 工博 金沢大学講師 工学部基礎工学教室

る ISM 法 (Interpretive Structural Modeling) 等は、このパラダイムの線上にある。その意味で、これらは②で述べた補助システムの候補の1つといえる。

問題は、これらが、上述の必要条件を満たすものであるかどうかということである。まず、KJ 法については、川喜田自身が指摘しているように、“会議が済んでしばらくしないと図解のフィードバックができない”という弱点をもっている。

一方、ISM 法は、ある範囲のデータでという条件がつくが、コンピュータによる図解という方法によって、この弱点を克服している。しかし、図解からフィードバックの過程については、十分であるとはいえない。たとえば、「要素」の追加や「要素間の関係」の修正等の面で、十分に機能的であるとはいえない。とりわけ、複数の「主体」が参加してくる状況下での必要条件である“認識の共有性”、“フィードバックの迅速性”に欠けている。

著者は、まず、開発すべき補助システムの要件を検討することより始める。そして、他のシステムの長所を生かし、かつこれらの要件を満足するシステムの開発をめざす。こうして開発されたシステムが、視覚型、対話型情報処理システム、VISMS (Visual Interactive Structural Modeling System) である。

このシステムは、単にある主体の認識、あるいは論理を“外部化”するだけでなく、視覚型、対話型であるという点を生かすことによって、複数主体間のコミュニケーションを助ける働きをもする。このことは、認識の拡大、深化に、他の主体からの批判、意見等をもフィードバックとして取り入れられることを意味している。

著者は、このシステムを中核とし、計画化の過程の各段階における「主体」の認識の“外部化”、その批判的、相補的検討によるフィードバック、その繰返し等よりなる、マン・マシンシステムを提案する。この方法が、収束する過程を構成するものであるのか、あるいは生産的なものであるのか、等については、実証的研究に待たなければならない。しかし、少なくとも、より批判的、より相補的な検討を可能にする工夫が、方法論に組み入れられている必要がある。それには、本システム使用に関する参加者の訓練という問題もあるだろうが、本論文では、「動的計画情報マトリックス」という考え方で、それによって示唆される、原理的、あるいは概念的な「関係」との対応で、“外部化”された認識を“分節化”することによって、批判的、相補的に検討するという方法を提案している。そして、これらの有効性を航空輸送システム整備計画の過程への適用例を通して示唆している。

## 2. 計画情報処理システムの諸要件

著者は、計画情報処理システムの機能を、未来の、多様な側面をもつ1つの価値体系である「可能態」の全体像把握にできるだけ迫ること、と規定した。そして、そのためには、“人間本来の能力”を十分に発揮させる工夫が必要になるとし、計画化の過程の分節化と、補助システムの開発とを提案した。本節では、この補助システムが、“人間本来の能力”を引き出し、「可能態」の全体像把握に寄与するものであるために備えているべきいくつかの要件について、若干の考察を行ってみる。

### (1) 操作性と共有性

まず、未来の、多様な側面をもつ1つの価値体系である「可能態」の全体像に迫るためには、できるだけ多くの人々の参加を得て、いろいろな視点からの接近がなされることが肝要となる。1. の①で提案した計画化の過程の分節化は、問題を絞り、有限な認識力でも十分に働く状態を作り出すためばかりでなく、この視点の多様化を作り出すためにも寄与するものである。

さて、この場合、われわれが十分に注意しなければならないことは、参加する人々が専門家のみに限られてくるという事態である。この事態は、「計画」が価値体系(よりよきもの)を取り扱うものであるがゆえに、是非避けなければならない。すなわち、計画化の各段階で、専門の有無、立場の相違を含めて、いろいろな人々が参加し得る状態が望ましい。それと同時に、これらの人々が、専門家の知識を自己の認識の拡大、深化に取り入れ、さらに他の人々と協同して、各自の認識を立体的に総合化していく可能性をもつものであることが望ましい。

そこで、補助システムには、

- ① 非専門家でも容易に使いこなせる操作性、
- ② 各自の認識の構造が、他の人にもわかるという共有性、

が備わっていることが望まれる。

本論文でめざすシステムの視覚型化、対話型化は、もちろんフィードバックの迅速化、有効化を追求するための工夫でもあるが、それと同時に、これらの要件を実現化するためのものでもある。

### (2) 網羅性と切断-結合性

全体像把握に迫るためには、まずできるだけ多くの要素、側面等を網羅することが肝要となる。また、対象が未来の価値体系であるということから、仮説的な把握、すなわち、網羅された要素、側面等を、それらが置かれ

ている文脈あるいは背景等の中だけで把握するのではなく、新しい文脈、背景等の中でもながめることが可能であるということが必要となる。

これは、要素、側面等を従来の文脈、あるいは背景より一度“切断”し、「単位化」し、改めて単位化された「要素」間を“結合”させ、その「関係」を問うという操作を行うことによって可能となる。この機能をここでは、切断-結合性とよぶことにする。

この切断-結合性は、“好ましくみえるものの中に含まれる毒物を見抜くことができない”というわれわれの認識力の欠陥を考えると、特に重要となる要件である。著者は、レオポルドらの「マトリックス法」を網羅性とこの切断-結合性を備えた方法論として評価する。

### (3) 構造化能力

網羅性が備えられたとしても、それはしよせん有限の域を出るものではない。“全体性”を獲得するためには、なんらかの意味での完結性が必要になる。構造化の目的は、分類や理論化と同様、この完結性を与えるところにある。

著者は、このほかに次のような点からも構造化能力が必要になると考える。1つは人間は膨大な蓄積情報をもつが、それらは必ずしも体系化されているわけではない。そこには、冗長性や非斉合性すらみられるかもしれない。その結果、認識の拡大、深化が阻害されることになる。構造化能力は認識を“外部化”し、冗長性や非斉合性を除去するために必要となる。いま1つは「可能態」がもつ仮説性、価値性という特性に関連している。すなわち、未来のよりよきものである「可能態」には、必ずなんらかの“仮定”と、よりよきものとする“価値判断”とが含まれている。そして、これらの確からしさや重要さの判断は、人それぞれによって異なる。このことは、マックス・ウェバーを引用するまでもないだろう。多数の人々の知恵を結集する必要のある計画情報処理システムにあって、これらを構造的に“外部化”し、すべての人々に明示することが、その目的を達成するための必要条件となってくる。

表一 補助システムの諸要件

システム要件	システム化手法
共有性	視覚型化 (Visual)
操作性	対話型化 (Interactive)
網羅性	マトリックス法
切断-結合性	
構造化能力	SM法 (Structural Modeling)

著者は、この構造化能力を備えるために、ワーフィールドらの SM 法を採用する。

以上を整理すると、表一のような方向が浮び上がってくる。著者は、これらの頭文字をとって、VISMS と名付けられるシステムを開発していく。

### 3. 計画情報マトリックスの動的構造と分節化

前節であげた「マトリックス法」は、レオポルドらによって提唱されたもので、環境の諸元を行、事業計画の諸元を列とするマトリックスを用意し、両者の間の「関係」を対応するマス目に記入していくことによって、事業計画に伴うインパクトを総合的に把握しようとするものである。

この手法には、いくつかの短所があるとされている。たとえば、主観的すぎるとか、諸元間の構造化が欠落しているとかがそれである。それにもかかわらず、多くの人々がこの手法に注目し、改良、発展化を試みているのは、この手法に全体的把握をめざすうえでの重要な要件の1つである“網羅性”が備わっているからである。

著者は、さらに、この手法を、“切断-結合性”の要件をも満たすものとして評価する。すなわち、現象を「要素」に分割し、マトリックス表示した後、「要素間の関係」を問い、対応するマス目に／(斜線)を記入するというプロセスに、「要素」を一度従来の文脈、背景等から“切断”し、新しい文脈、背景等の中での“結合性”を考察する契機が隠されていると考える。

このプロセスには、当然主観性が介入してくる。その結果、非斉合性や冗長性、さらに無意識な偏向等々、計画情報処理システムにとって好ましくない事態が、発生してくる。これらは、構造化能力、換言すれば、これらのものを客観的にながめ直す手段を有しないゆえに、この手法にとって致命的な欠点となる。

構造化能力の付与の研究としては、ソレンセンらの「段階的マトリックス法」や中村らの「システム・マトリックス法」等がある。著者は、これらに対して、“切断-結合性”の要件につながる長所としての主観性、換言すれば直観性を生かす方向での構造化を考える。そして、そのためには、“強い構造化(客観化)”ではなく“弱い構造化”が必要であると考えられる。それは、1つには、仮説的な思考を十分に取り入れるためであり、いま1つには、「計画」においては、先験的な構造化、あるいは「対象」の可知性を前提とすることは非常に危険である、と考えるからである。

著者は、このような考え方に従って、

- ① 「計画」の静的4要素：主体、目的、手段、対象(環境)を行、列とする、図一1のような「動的計画

情報マトリックス」と、

② “データが語る”構造化を指向する SM 法、を主要部分とする、“網羅性”、“切断-結合性”、ならびに“弱い構造化能力”をもつシステムを提案する。②の SM 法については、次節で詳説する。ここでは、①の「動的計画情報マトリックス」について、2, 3 論じておく。

まず、われわれは、“弱い構造化”を指向するのであって、問題を考える際に、図-1 のカテゴリーに従って「要素」を抽出せよと主張しているのではない。K.W. カップは、「目的」と「手段」という二分法に対して、“合理的選択（計画）の能力は、……個人の「目的」や社会の目標が決定されてもいないし「与えられ」てもないという事実に基づいている。だから人間の行動は、与えられた目的に手段を適合させるという単純で機械的な図式では十分に表現できないのである”と述べている。すなわち、このマトリックスは、事後的に、抽出された「要素」の網羅性をチェックするための概念モデルである、と考えてほしい。

次に、図-1 の「要素間の関係」は、「計画」のもう 1 つの要素とされる「構成」という動的要素上での関連性をもつ。“動的”とよぶのは、このことを明示するためである。たとえば、最も基本レベルの「構成」である“計画化の論理過程”上での諸「関係」について考えてみよう。加納は、この過程を“「対象」としている現象の中に「主体」をおき、その将来に対する矛盾認知の中に「目的」を設定し、この目的を達成する合理的な「手段」とその配列をみいだす”過程である、としている。これによれば、この過程は、基本的には、

- (i) 対象とする現象の中に主体を置き、その将来に対する矛盾認知の段階における関係： $S_{41}$ 、
- (ii) 矛盾認知の中に目的を設定する段階における関係： $S_{12}$ 、
- (iii) 目的を達成する合理的な手段とその配列をみいだす段階における関係： $S_{23}$ ,  $S_{32}$ 、

を構成要素とし、図-1 で実矢線で示されているような動的構造をもつものといえる。

この過程のモデル化と、図-1 によって示唆される原理的な、あるいは概念的な「関係」の全体： $R \equiv \{S_{ij} | i, j=1, \dots, 4\}$  とを対比させてみれば、この過程の背後に存在するいくつかの「関係」に気がつく。たとえば、ある「主体」が主張している「目的」と「手段」との間 ( $S_{23}$ ) には、本人も意識していない、長い“目的-手段連関の鎖 ( $S_{22} \rightarrow S_{23}$ )”が隠れているかもしれない。また、ある「主体」の強硬な反対の背後には、自分への跳ね返り ( $S_{34} \rightarrow S_{44} \rightarrow S_{41}$ ) に対する直観的認知があるかもしれないことに気付く。

このように、われわれの認識や主張の論理過程を、図-1 によって示唆される原理的な、あるいは概念的な「関係」との対応で“分節化”することによって、われわれは、表面には現れないが大きな影響を与えているもの、重要であるにもかかわらずまったく欠落してしまっているもの等を批判的、相補的に検討する契機を獲得することになる。

この“分節化”は、われわれの認識や主張を、まず、次節で述べる SM 法によって「階層構造化グラフ」として“外部化”し、ついで、その階層構造と概念的な「関係」との対応化を行うことによってなされる。その 1 つの具体例が、6. に示されている。この方法の有用性、さらにはその有効な使用法等については、まだまだ実証的研究に待たなければならない面が多いことを付記しておく。

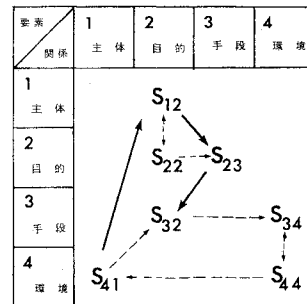


図-1 動的計画情報マトリックスと原理的「関係」

#### 4. SM 法の基礎概念とアルゴリズム<sup>10)~13)</sup>

##### (1) 2 値データ行列

前節で提案した「動的計画情報マトリックス」は、ある「構成」上で、

- ① ある要素対 ( $s_i, s_j$ ) に関係があれば、対応する「マス目」に 1 を、
- ② 関係がなければ 0 を記入する、

と約束すれば、2 値行列 (binary matrix) になる。

この「2 値データ行列」には、直接的な関係も間接的な関係も区別なく含まれる。したがって、「2 値データ行列」が提示している内容を十分に活用可能なものとするためには、前節でも述べたように、これを直接的な関係のみに還元し、構造的に表示する必要がある。だが、生の「2 値データ行列」は、この操作を行うには不完備である。すなわち、“関係がある”という「マス目」に完全に 1 が入りきっていない可能性をもっている。たとえば、2 つの (常識的には) 遠く離れた要素間に関係を直観的に感じている、といったような場合、一般にはそ

の間を結ぶ関係がすべて知られているわけではないからである。

そこで、推移律、

③  $(s_i, s_j)$  に関係があり、 $(s_i, s_k)$  にも関係があれば、 $(s_i, s_k)$  に対応する「マス目」にも 1 を入れる。という律則を入れ、生の「2 値データ行列」を完備化しておく必要がある。このようにして作成された「2 値データ行列」を、

$$D \equiv (d_{ij}), i, j=1, \dots, n \dots\dots\dots(1)$$

そこに含まれる要素の集合を、

$$S \equiv \{s_1, s_2, \dots, s_n\} \dots\dots\dots(2)$$

と書くことにする。

(2) 単一構造、2 値データ行列への分割

一般に、「2 値データ行列」 $D$  には、構造を別にする複数個の問題が含まれている可能性がある。そこで、 $D$  を個別問題ごとに分割しておくことが、構造化のアルゴリズムを簡単なものにするために望まれる。

この操作を実行するためには、 $D$  の代わりに可達行列 (reachability matrix)

$$M \equiv (m_{ij}) \equiv D \oplus I \dots\dots\dots(3)$$

を考えていくのが便利になる。ここで、 $I$  は  $D$  と同次元の単位行列、 $\oplus$  はブール演算である。

まず、任意の要素  $s_i \in S$  に対して、可達集合、先行集合をそれぞれ次のように定義する：

$$\left. \begin{aligned} R_0(s_i) &\equiv \{s_j | s_j \in S, m_{ij}=1\}, \\ A_0(s_i) &\equiv \{s_j | s_j \in S, m_{ji}=1\}. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

とすれば、ボトムレベルに属する要素の集合

$$B \equiv \{s_i | s_i \in S, A_0(s_i) = R_0(s_i) \cap A_0(s_i)\} \dots\dots\dots(5)$$

が求まる。

この集合に属する要素の可達集合を用いることにより、図-2 のようなアルゴリズムによって、同一問題構造に属する要素の集合  $P_m$  が求められる。

以下の議論では、「2 値データ行列」は同一問題構造に属する要素のみからなる「単一構造 2 値データ行列」となっているとする。

(3) 2 値データ行列の標準形

「単一構造 2 値データ行列」の要素は、次のように分割されていく。

a)  $k$  レベルに位置する要素からなる集合、 $L_k$

任意の要素  $s_i \in S$  は、次のようにして  $L_k$  のどれかに分類される。

$$\begin{aligned} L_k &\equiv \{s_i | s_i \in S - L_0 - \dots - L_{k-1}, \\ R_{k-1}(s_i) &\equiv R_{k-1}(s_i) \cap A_{k-1}(s_i) \} \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} R_{k-1}(s_i) &\equiv \{s_j | s_j \in S - L_0 - \dots - L_{k-1}, m_{ij}=1\} \\ A_{k-1}(s_i) &\equiv \{s_j | s_j \in S - L_0 - \dots - L_{k-1}, m_{ji}=1\} \\ L_0 &\equiv \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

である。

b) 弱連結要素集合  $\mathcal{Q}^{(k)}$ 、強連結要素集合  $\mathcal{Z}^{(k)}$

任意の要素  $s_i \in L_k$  は、次のようにして  $\mathcal{Q}^{(k)}$ 、 $\mathcal{Z}^{(k)}$  のどれかに分類される。

$$\mathcal{Q}^{(k)} \equiv \{s_i | s_i \in L_k, R_k(s_i) \cap L_k = \{s_i\}\} \dots\dots\dots(8)$$

$$\mathcal{Z}^{(k)} \equiv \{s_i \in L_k, R_k(s_i) \cap L_k \neq \{s_i\}\} \dots\dots\dots(9)$$

c) 構成要素  $U_l^{(k)}$

任意の要素  $s_i \in \mathcal{Z}^{(k)}$  は、次のようにして構成要素  $U_l^{(k)}$  のどれかに分類される。

$\mathcal{Z}^{(k)}$  の 1 つの要素  $s_i$  をとり、固定し、

$$U_1^{(k)} \equiv \{s_j | s_j \in \mathcal{Z}^{(k)}, m_{ij}=1\} \dots\dots\dots(10)$$

を定め、次に、 $s_i \in \mathcal{Z}^{(k)} - U_1^{(k)}$  を 1 つ固定し、

$$U_2^{(k)} \equiv \{s_j | s_j \in \mathcal{Z}^{(k)} - U_1^{(k)}, m_{ij}=1\} \dots\dots\dots(11)$$

を定める、という過程を、

$$\mathcal{Z}^{(k)} - U_1^{(k)} - \dots - U_l^{(k)} = \phi \dots\dots\dots(12)$$

まで続ける。

以上のような分類概念を用いて、「2 値データ行列」 $M$  を、

$$\mathcal{Q}^{(1)} U_1^{(1)} U_2^{(1)}, \dots, \mathcal{Q}^{(2)} U_1^{(2)} U_2^{(2)}, \dots \dots\dots(13)$$

という順序に並べ直した行列を、 $M$  の標準形という。

(4) 圧縮 2 値データ行列

構成要素集合に属する要素を 1 つの「代理要素」で置き換え、「代理要素」間の関係行列としてながめれば、標準形の「2 値データ行列」は、ブロック三角行列 (block triangular matrix)

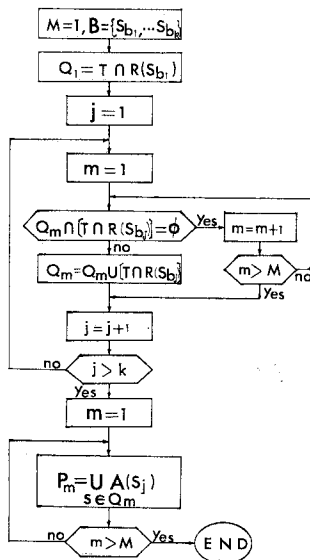


図-2 単一構造への分割アルゴリズム

$$M' = \begin{bmatrix} m_{11}' & & & \\ m_{21}' & m_{22}' & & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{p1}' & & & m_{pp}' \end{bmatrix} \dots\dots\dots (14)$$

になる。ここで、 $m_{ij}'$  は  $M$  の部分行列である。

改めて、

$$m_{ii}' \equiv 0, i=1, \dots, p \dots\dots\dots ①$$

$$m_{ij}' \equiv \begin{cases} 1 & (m_{ij}' \neq 0) \\ 0 & (m_{ij}' = 0) \end{cases} \quad i, j=1, \dots, p \dots\dots\dots ②$$

とおけば、

$$M' \equiv (m_{ij}') \dots\dots\dots (15)$$

は、「代理要素」を要素とするストラータ（記述レベル）における「2値データ行列」となる。式（15）の行列を  $M$  の「圧縮2値データ行列」とよぶことにする。

（5）階層構造グラフ化のアルゴリズム

「圧縮2値データ行列」 $M'$  は、

1. 非反射律
2. 非対称律
3. 推移律

を満たしている。したがって、次に述べるレギュラー行、レギュラー列を用いるエレメント法が使える。

表-2 2値データ行列

(a)	要素	1	2	3	4	(b)	要素	1	2	3	4
	1	0	0	0	0		1	0	0	0	0
	2	1	0	0	0		2	1	0	0	0
	3	1	0	0	1		3	0	0	0	1
	4	1	0	0	0		4	1	0	0	0

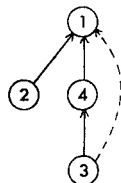


図-3 階層構造化グラフ

レギュラー行（列）とは、その行（列）にただ1つの“1”を含むような行（列）をいう。このような行（列）は、階層構造グラフ中の“直接的な関係”を示すものとして、グラフ化の手がかりとなるものである。

たとえば、表-2の(a)のような「2値データ行列」の場合、グラフは図-3のようになる。ここで、実矢線で示した表示が求めるべきグラフである。まず、レギュラー行を探すと、2行目が求まり、 $m_{21}=1$ がただ1つの“1”となっている。これは、要素②から要素①への関係が直接的であること、したがって実矢線で表示されるべきであることを示している。4行目も同様であり、要素④から要素①への関係も、実矢線で表示される。

さて、ここで次のような「2列データ行列」の書き換え演算を考えてみる。すなわち、レギュラー行  $r_i$  の  $m_{41}=1$  の添字に着目し、表-2の(a)の4列目の列ベクトル  $C_4$  と1列目の列ベクトル  $C_1$  をとり、 $C_4$  を  $\bar{C}_4$  ( $C_4$  の補ベクトル) と  $C_1$  のブール演算積

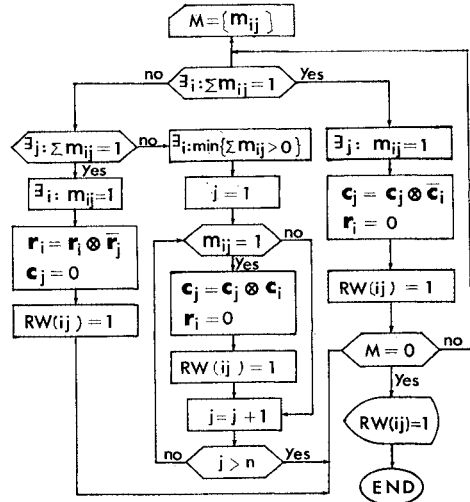


図-4 エレメント法のアルゴリズム

$$C_4 \leftarrow C_1 \otimes \bar{C}_4 \dots\dots\dots (16)$$

で書き換えてみると、表-2の(b)となる。この表をみれば、 $m_{31}=0$ となり、要素③から要素①への関係が消去され、“直接的な関係” $m_{34}=1$ のみになっていることがわかる。エレメント法は、この操作によって「2値データ行列」より階層構造グラフを求めようとするものであり、その完全なアルゴリズムは、図-4のようになる。

5. VISMS の構造と機能

著者は、人間本来の情報処理能力を十分に発揮させるためには、認識を“外部化”する、フィードバック機構に優れた補助システムを開発する必要があるとし、その要件とシステム化の方法について考察してきた。本節では、その1つとして、Computer Aided な、視覚型、対話型情報処理システム、VISMS の構成と特徴について述べる。

(1) VISMS のハードウェア構成

著者は、3., 4. で述べたように、

- ① 網羅性と切断-結合性をもつ「動的計画情報マトリックス」によって認識あるいは論理を表現するとともに、
- ② それらを、データが語る、弱い構造化指向をもつ SM 法のアルゴリズムによって構造化する、という方法を基本とする“外部化”のシステムを考え、これを、
- ③ 認識の共有化、フィードバックの迅速化、ならびに操作性の獲得という他の要件を考慮して、視覚型、対話型化する、

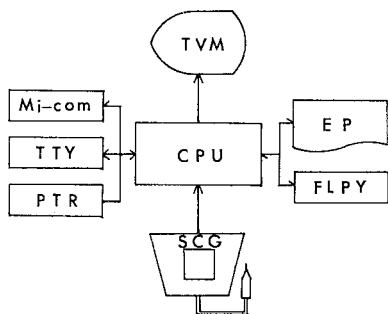


図-5 VISMS のハードウェア構成

方向で，Computer Aided なシステムの構成を考えた。

このシステムのハードウェア構成は，図-5 に示されている。入・出力装置としては，視覚型，対話型のためと，フィードバックの迅速化，操作の容易性等を考慮して，スタイラス・ペンと座標読取装置系 (SCG)，ブラウン管モニター (TVM) と放電プリンタ (EP) 系が備えられている。すべての操作は，TVM 上に表示されるメッセージに従って，SCG 上にセットされている「メニュー」をスタイラス・ペンで指示するだけでなされるようになっている。

## (2) VISMS の基本動作と機能

本システムのソフトウェアの中心部をなすものは，「動的計画情報マトリックス」によって表現された認識，あるいは論理を，SM 法によって「外部化」する部分である。これについては，4. で述べているのでここでは，本システムの操作法と基本動作について説明する。

本システムの使用法は，図-6 のようになる。まず，

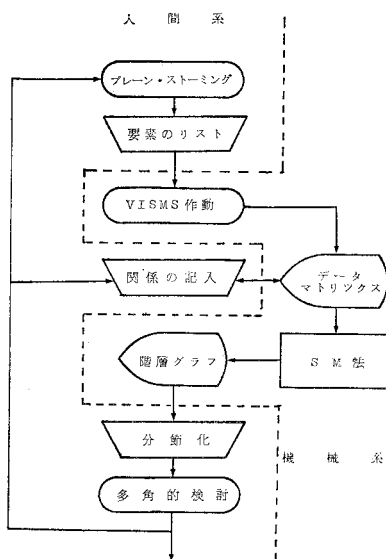


図-6 VISMS のマン-マシン構造

ブレインストーミング等によって，問題としていることさらに関連がありそうに思われる「要素」を，網羅的に列挙し，そのリストを作成することより始まる。ここで，VISMS を作動させる。そうすると，TVM 上に写真-1 が表示される。

「主体」は，その表示に従って，スタイラスペンで SCG 上の「メニュー」より，“0”，または“1”を入力することによって，写真-2，あるいは写真-5 を得る。

“0”，すなわち，新しく始める場合には，次にリストされた「要素」の数， $N$  を同様にして SCG より入力する。そうすると，TVM 上に写真-3 のような， $N$  の値に対応する ( $N, N$ ) 行列の「動的計画情報マトリックス」が表示されてくる。

そこで，「主体」は，「要素」 $I$  と  $J$  との「関係」を問い，「関係」があると判断すれば，「要素」の番号， $I, J$  を同様な方法で入力する。そうすれば， $I \rightarrow J$  という「関係」が，写真-4 に示すように，対応するマス目上に“1”と表示されると同時に，コンピュータのメモリーにも自動的に記入される。

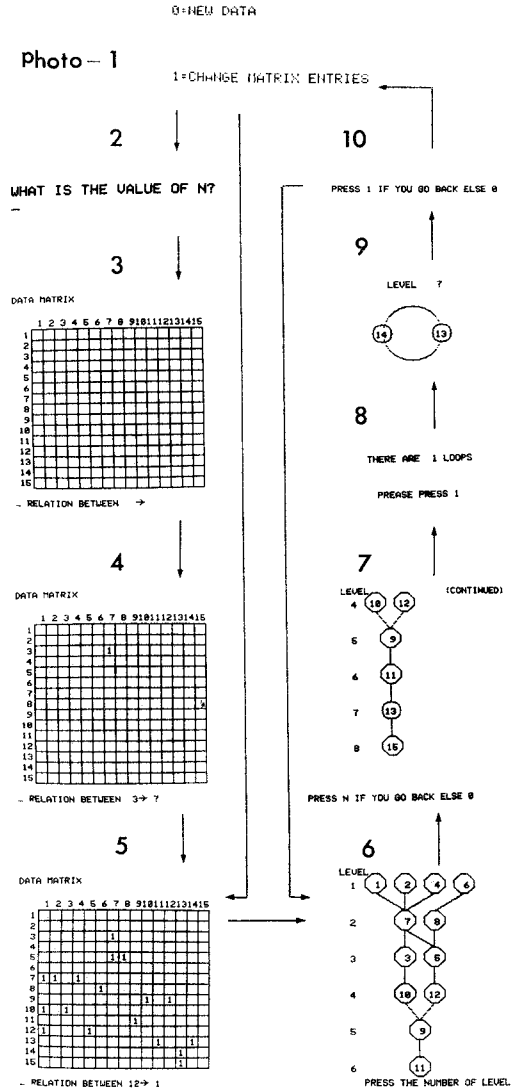
このような方法によって，すべての「関係」の入力が終了すれば，“0”を入力する。そうすると，SM 法のアルゴリズムが働き，TVM 上に，写真-6 のような階層構造グラフが表示されてくる。

このグラフが，実は写真-5 の「動的計画情報マトリックス」に対応する認識，あるいは論理の構造化されたものである，ということになる。ここで，写真-5 では「関係」ありとされていた， $12 \rightarrow 1$  という「関係」が，構造化されることによって，写真-6 では， $12 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 1$  という，より直接的な「関係」の連鎖に還元されてきていることに注意してほしい。4. でも述べたように，本システムは，単に「関係」をグラフ化するだけでなく，冗長性を除去し，より直接的な論理，換言すれば，より検討が容易な構造に“分節化”する能力をもっているのである。

システムの容量的な制約のため，TVM 上には，6 階層のグラフまでしか表示することができない。しかし，7 階層以上になる場合には，表示したいレベル，RL (写真-7 の場合には 4 以下) を，SCG より入力すれば自動的に表示されるようになっている。

また，ループ，あるいは双方関係にある「要素」群については，写真-7 の ㊸ のように，その代表要素を円で囲って表示するとともに，写真-8 のようなメッセージが表示される。そして，“1”を入力すると，それらの「要素」群が，写真-9 のように表示されてくる。

最後に，このようにして“外部化”された認識，あるいは論理を，3. で述べたようにして，原理的な，あるいは概念的な「関係」， $S_{ij}$  との関連で“分節化”し，そ



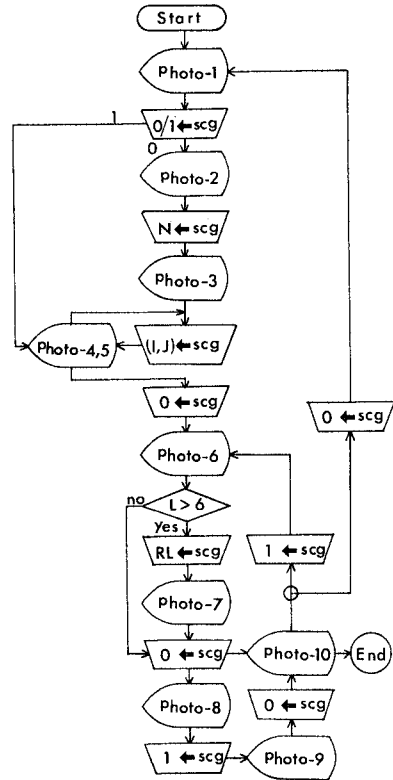
写真—1~10

の偏り、欠落部分を検討し、フィードバックする必要がある。それには、写真—10に従って、“0”，または“1”を入力し、写真—1，または写真—6に戻って、「要素」を検討するなり、「関係」を修正するなりして、再度本システムを使用すればよい。

以上で説明した VISMS の操作とその動作をまとめたものが、図—7である。これらの操作は、オンラインで、容易にしかも迅速になされ、これを繰り返すことによって、認識の拡大、深化が得られるのではないかと期待される。

### 6. 適用例

高感度社会、情報化社会への移行を背景にして、航空



図—7 VISMS の基本動作図

輸送システム整備計画は、拡大の一途をたどってきた。だが、現在、他の社会的計画と同様、大きな困難に直面している。

航空輸送システム整備計画に関連する目下の最大の争点は、大阪国際空港騒音訴訟に代表される航空機騒音問題である。著者は、この問題に対する1つの論理を、VISMS によって展開してみた。

この過程は、

1. 騒音問題の位置づけと目的設定
2. 騒音問題解決の手段の発見
3. 手段の評価と新しい矛盾の認知

という3ラウンドよりなる。紙数の関係でその概略のみを示す。

まず、航空輸送システム整備計画に伴って発生するインパクトに関連すると思われる「要素」を列挙する。それが、表—3 (a) のようになったとする。そして、それらの間の「関係」が写真—11 (a) のように想定されたとして、VISMS を使用すると、写真—12 (a) のような構造化が得られる。

これを、原理的、あるいは概念的な関係、 $S_{ij}$  との関係で“分節化”すると、 $S_{23} \rightarrow S_{34} \rightarrow S_{44} \rightarrow S_{41}$  という、目的を所与とした場合の問題構造が明らかになってくる。この図解によれば、騒音 ( $A_9$ ) のみが、直接、かつ



番号	要素名
A 1	整備計画
A 2	周返住民
A 3	需容者
A 4	乗員オペレータ
A 5	施設健康
A 6	増便
A 7	大型化高速化
A 8	容量の増大化
A 9	航空機騒音
A 10	ニヤミスの増大
A 11	生態系の切断
A 12	自然
A 13	空港周返機能
A 14	経済人

表-3 (a)

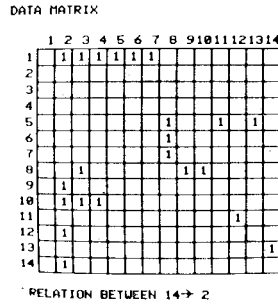


写真-11 (a)

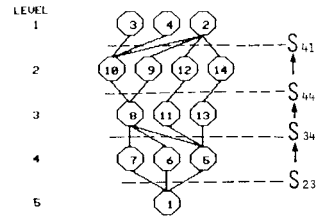


写真-12 (a)

番号	要素名
B 1	騒音被害
B 2	土地利用形態
B 3	NEF値
B 4	地域特性
B 5	気象条件
B 6	運航回数
B 7	EPNL
B 8	昼間飛行数
B 9	夜間飛行数
B 10	航空機エンジン
B 11	空域構造

表-3 (b)

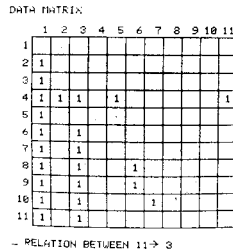


写真-11 (b)

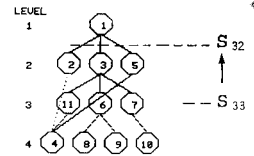


写真-12 (b)

番号	要素名
C 1	航空機エンジン
C 2	開発コスト
C 3	燃費
C 4	運賃
C 5	需要者
C 6	空港容量
C 7	安全性
C 8	周返住民
C 9	航行性能

表-3 (c)

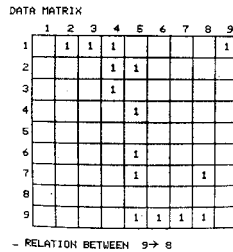


写真-11 (c)

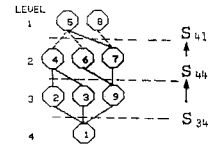


写真-12 (c)

住民 (A<sub>2</sub>) のみに作用する逆機能 (A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub> も逆機能) であるということがわかる。このことが、騒音問題をトレード・オフ的な取り扱いを拒否し、裁判にまでもちこまれるほどの争点に仕立てているといってもよいだろう。

そこで、次に、騒音問題の解決に関連すると思われる「要素」を考え、表-3 (b) のリストを得たでしょう。そして、これらの間の「関係」が写真-11 (b) のようになったとする。ここで、再び VISMS を使用すれば、写真-12 (b) のような構造化が得られる。

この図解は、“分節化”すると S<sub>33</sub> → S<sub>32</sub> という手段連関図になる。騒音被害を減少させる手段としては、まず、3つの系統があるが、B<sub>2</sub> (土地利用形態)、B<sub>5</sub> (気

象) につながる系統は、実行可能性が低い。B<sub>3</sub> (NEF, Noise Exposure Forecast)<sup>14)</sup> につながる系統は、さらに、3つの手段の枝系統に分かれる。その中、B<sub>11</sub> (空域構造) は、安全性に直接跳ね返ってくるので、容易に変更すべきではない。そこで、運航回数 B<sub>6</sub> を減少させるか、航空機エンジンから出る EPNL, B<sub>7</sub> を減少させるかという2つの手段に絞られてくる。

ところが、運航回数と EPNL 値の NEF レベルへの寄与率を計算すると、詳細は省略するが、前者が 20%、後者が 80% という結果になる。このことより、航空機エンジン B<sub>10</sub> の改良は、検討に値する手段であるということになる。

もちろん、この手段にも、いくつかの問題点があるだ

ろう。そこで、第3ラウンドとして、この手段のアセスメントが必要となる。これを行ったのが、表-3(c)、写真-11(c)、および写真-12(c)である。

この図解を“分節化”してみると、 $S_{34} \rightarrow S_{44} \rightarrow S_{41}$  という、第1ラウンドと同様の構造、換言すれば、新しい矛盾認知に帰還してくる。各ラウンドで不十分に感じられた部分は、このようなサイクルを繰返す段階で補強していけばよい。

以上は、航空機騒音問題に関する議論の1サイクルを示したものである。この後、「要素」を追加したりして、第2、第3サイクルと続けるところに、本システム本来の特色がある。ここでは紙数の関係で省略するが、ただ、「要素」の追加の方法に関して、行、列ともに1つも“1”をもたないもの（構造化に際しては、孤立要素として扱われる）を用意しておくことと便利であることを付記しておく。

## 7. あとがき

近年、コンピュータとその周辺機器との発達によって、従来人間の特権的な仕事とされていた意思決定の分野にも、CADM(Computer Aided Decision Making)<sup>15)</sup>という考え方が進出してきた。本研究もこの方向に連なるものである。ただし、この場合、N. ウィーナの次のような言葉を銘記しておく必要があるだろう。すなわち、“我々は新しい機械に直面して我々の生活様式の多くの細かい点を変えねばならないであろうことは確かである。しかし、これらの機械は、人間を……人間らしく用いるということにかかわる一切の問題においては、主役をなすものではない”という言葉である<sup>16)</sup>。

“可能性の技術”としての「計画」は、まさに“人間を人間らしく用いる”必要のある課題である。著者は、そのような目標のもとでVISMSの開発を試みたが、本システムがそのような役割を十分に果たすためには、まだまだ検討しなければならない課題が残されている。

それらには、単なる技術的なものからアルゴリズムそのものの変更にかかわるものまで、数多くあるだろう。たとえば、“外部化”されたグラフのみやすさ(写真-11(b))や容量面からくる取り扱い可能要素数制限等に関する課題は、前者に属する。後者に属する課題としては、「要素」間の「関係」に関する認識の強さ、あるいは信頼性を“外部化”にいかにして反映するか、定量的な情報システムとの結合をいかにするか等が考えられる。「関係」に関する信頼性の反映については、その理論的検討がすでになされているので<sup>17)</sup>、VISMSの機能拡張として取り入れたいと考えている。

これらのほかに、本システムの有効な運用方法に関する

問題が、重要な課題の1つとして残されている。本論文では、原理的、あるいは概念的な「関係」による“分節化”が、計画化の過程、あるいは論理を対象化させる可能性をもつことを示唆したが、この方法論は、フィードバックを幾回となく繰返すダイナミックな適用例を通じて、十分に検討してみるに値するものであると思う。これについては、是非稿を改めて論じたいと考えている。

最後に、本研究の遂行にあたって、常に励ましと助言を与えてくださった京都大学教授 吉川和広先生、また、資料整理、清書等を助けてくださった金沢大学工学部太田 静女史、同院生宮木一郎君に感謝の意を表したいと思います。

## 参考文献

- 1) マキアベリ(黒田正利訳):君主論, 岩波文庫, 1978.
- 2) 佐藤 竺編:地域開発・公害への対応, 学陽書房, 1974.
- 3) 川喜田二郎:発想法, 中公新書, 1975.
- 4) John N. Warfield: Developing Interconnection Matrices in Structural Modeling, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-4, No. 1, pp. 81~87, Jan., 1974.
- 5) 木俣 昇:環境アセスメントのための対話型情報処理システム, 土木学会第31回年次学術講演会概要集第4部, IV-26, pp. 51~52, 1976.
- 6) 中村英夫・稲村 肇・岡本憲之・大槻 忠:システム・マトリックスによる環境アセスメント, 土木学会論文報告集, 第248号, pp. 111~120, 1976.
- 7) K.W. カップ(柴田・鈴木訳):環境破壊と社会的費用, 岩波, 1975.
- 8) 長尾義三:土木計画序論, 共立, 1972.
- 9) 加納治郎:計画の科学, 経済往来社, 1963.
- 10) John N. Warfield: On Arranging Elements of a Hierarchy in Graphic Form, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 2, pp. 121~132, Mar., 1973.
- 11) John N. Warfield: Binary Matrices in System Modeling, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 5, pp. 441~449, Sep., 1973.
- 12) John N. Warfield: Developing Subsystem Matrices in Structural Modeling, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-4, No. 1, pp. 74~80, Jan., 1974.
- 13) John N. Warfield: Toward Interpretation of Complex Structural Models, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-4, No. 5, pp. 405~417, Sep., 1974.
- 14) R.L. Paullin: Capacity and Noise Relationships for Major Hub Airports, Proc. of IEEE, 58, pp. 307~317, 1970.
- 15) William B. Rouse and Thomas B. Shreidan: Computer-Aided Decision Making, Theory and Practice, Technological Forecasting and Social Change, 7, pp. 113~126, 1975.
- 16) 鎮目恭夫編:機械と人間との共生, 現代人の思想 22, 平凡社, 1971.
- 17) 田崎栄一郎・天笠美知夫・滝沢雅人:あいまい理論によるシステムの構造モデル, JORSJ, 20巻4号, pp. 285~310, 1977. (1978.6.13・受付)