

社会基盤整備計画のための参加型AI・OR混合型支援システムに関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2018-11-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00052611

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



社会基盤整備計画のための参加型AI・OR混合型
支援システムに関する研究

(研究課題番号：04832022)

平成4年・5年度科学研究費補助金（一般研究(C)）
研究成果報告書

平成6年3月

研究代表者 木 俣 昇
(金沢大学工学部教授)

社会基盤整備計画のための参加型AI・OR混合型
支援システムに関する研究

(研究課題番号：04832022)

平成4年・5年度科学研究費補助金（一般研究（C））
研究成果報告書

平成6年3月

研究代表者 木 俣 昇
(金沢大学工学部教授)

は し が き

地方の時代、東京一極集中の弊害が言われて久しい。一極集中が解消されるためにも、また、真の地方の時代を迎えるためにも、各地方自治体が、個性的で独自性のある地域環境の構想力とその実現能力を身に付けることが必要である。地方への人材の移動が徐々に進行してはいるが、より積極的に、そのような能力を引き出し、経験を蓄積するための支援システムの開発が望まれる。

本研究では、地域の独自の骨格を形成する道路の整備計画と、地域のアクセントとなる橋梁の維持管理・整備計画を対象に、そのような支援システムの開発研究を試みている。この研究では、特に、地域住民や専門家の地域に密着した意見や経験が、計画に反映されるような支援システムの開発を目指している。そのための支援システムとして、本研究では、ISM-AHP連動化システム、ISM-判別関数混合型システム、およびマルチウインドウ型地図化システムを開発し、具体的な適用研究を試みている。

また、これらの社会基盤整備計画にとって、重要な基礎情報であり、支援システムでは与件となる道路整備と満足度および整備効果の研究と、地震時液状化危険度を含む地盤評価の研究の整理も行っている。これらの成果が、現場において広く適用され、その蓄積が支援システムのさらなる開発研究に繋がることを期待している。

研究課題

社会基盤整備計画のための参加型A I・O R混合型
支援システムに関する研究

課題番号

0 4 8 3 2 0 2 2

研究組織

研究代表者：木俣 昇（金沢大学工学部教授）

研究分担者：北浦 勝（金沢大学工学部教授）

研究分担者：宮島昌克（金沢大学工学部助教授）

研究分担者：高山純一（金沢大学工学部助教授）

研究分担者：二神 透（愛媛大学教養部講師：平成4年度）

研究分担者：竹村 哲（星稜女子短期大学講師：平成5年度）

研究経費

平成4年度	1,200 千円
平成5年度	800 千円
計	2,000 千円

研究発表

(I) 学会誌等

- (1) 木俣 昇, 竹村 哲, 問題認識のためのマルチウィンドウ型支援システムの開発, 土木学会論文集, 449/IV-17, 1992, 203-212.
- (2) 木俣 昇, リスク認識と計画, 第26回土木計画学シンポジウムテキスト, 1992, 91-97.
- (3) 木俣 昇, 二神 透, 防災緑地網整備計画支援のための火災延焼シミュレーション・システムの開発, 土木学会論文集, 449/IV-17, 1992, 193-202.
- (4) 木俣 昇, 小間井 孝吉, 橋梁信頼性の経験的評価システムに基礎を置く補修計画のリスク認識に関する研究, 土木学会論文集, 464/IV-19, 1993, 43-52.
- (5) 木俣 昇, 横山 隆司, 野村 康彦, 都市整備プロジェクトの計画コンセプト生成支援システムに関する研究, 土木情報システム論文集, 2, 1993, 81-88.
- (6) 高木 秀彰, 木俣 昇, 交通計画のためのペトリネット・シミュレーションに関する研究, 土木計画学研究・講演集, 16(1), 1993, 127-132.
- (7) 竹村 哲, 木俣 昇, 社会基盤整備計画のための I S M - A H P 連動化支援システムの開発, 土木計画学研究・講演集, 16(1), 1993, 415-422.
- (8) Miyajima, M., Yoshida, M., Kitaura, M., Small Scale Tests on Counter-measures against Liquefaction for Pipelines Using Gravel Drain System, Proc. the 4 Japan-US Workshop on Earth quake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, 1, 1992, 381-391.
- (9) Ikemoto, T., Kitaura M., Tsurugi, M., Seismic Response Analysis of Layered Ground Considering Uncertainty of Soil Parameters, Proc. of the 10th World Conference on Earthquake Engineering, 3, 1992, 1131-1141.
- (10) Yosida, M., Miyajima, M., Oishi, H., Settlement Characteristics of Sandy Ground Improved Gravel Drain System During Earthquake, Proc. of the 10th World Conference on Earthquake Engineering, 3, 1992, 1395-1400.
- (11) Miyajima, M., Kitaura, M., Experimental Study on Liquefaction-Induced large Ground Deformation, Proc. of the 10th World Conference on Earthquake Engineering, 3, 1992, 1511-1514.

- (12) 吉田 雅穂, 北浦 勝, 大石 博, 砕石ドレーン工法による埋設管路の液状化対策に関する実験的研究, 土木学会論文集, 459/I-22, 1993, 149-158.
- (13) 北浦 勝, 宮島 昌克, 池本 敏和, 吉田 雅穂, 能登半島沖地震発生, 土質工学会誌, 41, 1993, 52-54.
- (14) 宮島 昌克, O'Rourke, T.D., Swewart, H.E., サンフランシスコ市トレジャー島における地震応答解析, 金沢大学工学部紀要, 26, 1993, 35-40.
- (15) 高山 純一, 濱 博一, 道路網サービス水準評価のための旅行時間満足度と混雑度の関連性分析, 都市計画論文集, 27, 1992, 265-270.
- (16) 高山 純一, 濱 博一, 道路網整備のサービス水準設定のための旅行時間満足度の特性分析, 土木計画学研究・講演集, 15, 1992, 845-852.
- (17) 高山 純一, 亀谷 靖文, 中村 光生, 信号交差点を組み込んだ時間交通量配分の改良について, 土木計画学研究・講演集, 16(1), 1993, 981-986.
- (18) 高山 純一, 亀谷 靖文, 中村 光生, 信号交差点における先づまり現象を考慮した時間交通量配分モデル, 交通工学研究発表会論文集, 13, 1993, 129-132.

(II) 口頭発表

- (1) 濱 博一, 高山 純一, 上出 光昌, 道路整備のサービス水準設定のための旅行時間満足度の特性分析, 第47回土木学会年次学術講演会概要集, IV, 1992, 222-223.
- (2) 濱 博一, 高山 純一, 道路網サービス水準設定のための旅行時間満足度評価中立曲線の特性分析, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 1993, 489-490.

目 次

第1章	序論	1
第2章	道路整備計画代替案の順位付け評価支援システムの研究	4
2-1	ISM-AHP連動化システムによる支援の基本プロセスモデル	
2-2	ISM法による階層構造図の作成法	
2-3	AHP法による代替案評価法	
2-4	道路整備計画における代替案評価事例	
第3章	橋梁の維持管理計画の支援システムの研究	52
3-1	橋梁の維持管理計画の特徴と専門家の役割	
3-2	橋梁の維持管理順位評価の間情動的適合性増大化支援システム	
3-3	橋梁の維持管理順位の評価事例	
3-4	あとがき	
第4章	個別評価システムの研究	80
4-1	道路利用者からみた道路網整備の満足度評価	
4-2	都市内信号交差点における交通渋滞緩和のための道路網整備評価	
4-3	社会基盤整備における地盤評価	
第5章	社会基盤整備計画の地図化支援システムの研究	128
5-1	道路網整備案作成のための地図化システムの構想	
5-2	システムの基本機能と地域イメージ化事例研究	

第1章 序論

(1) 研究の目的

東京への人・物・金・情報の一極集中は、極限まで進行している。その弊害は、当該地域での深刻な住宅問題や交通渋滞となって現れているのみならず、地方での過疎化の急速な進展をもたらし、さらに地震国であるわが国においては、国としても破滅的な脆弱性を内蔵する結果となっている。

この対応策として、地方への分散が種々提言されている。東京の一極集中に対する対応策に限定しても、遷都、分都、拡都、重都、展都、還都などの提案がなされている。これらは、東京の都市機能の一部を、上述のような機能論的評価の下で地方に移すという考え方からの提案であり、“地方への分散”は、その結果としてあるものに過ぎない。それに対して、“地方”そのものの評価が、価値観の多様化、ライフスタイルの多様化にともなって起きてきている。この方向での“地方への分散”の実現も、その結果として東京への一極集中の弊害の解消をもたらすものではあるが、両者は、直接的な目的、手段、それら間の論理的関係、従って計画手法には、大きな差がある。

その違いを認識しつつ、“地方への分散”という結果を通じて、相互に関連しあったものとして、この両方向から“地方の時代”を展望することが、いま求められているのではないだろうか。このとき、“地方への分散”は、“地方のミニ東京化”の方向ではなく、地方の独自性の発揮の方向で模索される必要があることは明らかであろう。

地方の独自性の発揮は、種々の領域、種々のレベルで求められる。本研究では、地域の骨格を形成する社会基盤の整備計画の領域において、地方の独自性の発揮を支援するシステムについて研究する。

社会基盤整備計画の領域においては、近年、国は地方の独自の計画を尊重する方向にある。しかし、計画案の骨子では、地域の特性を加味した独自のキャッチフレーズや重点施策を掲げてはいるが、具体的な計画案は、地域バランスと予算の実績主義によるバラマキ型、継続重視型の計画になっているのが現状である。その背景には、地方自治体では、人的にも、時間的にも、資金的にも、情動的にも大きなハンディーがあり、現状の組織では十分な計画情報処理が困難であるという事情がある。そこで、本研究では、

- ① 地域の骨格・品格を規定する道路整備計画
- ② その構成要素であり、かつ地域の重要なシンボルでもある橋梁の維持管理計画
- ③ これら計画の基礎情報

について、地域と密着した形で、かつ地域の独自性の反映を支援する形で、これら計画の情報処理の支援システムの開発を試みる。

(2) 研究計画と本書の構成

まず、①の道路整備計画は、軌道系の本格的な輸送システムの整備が困難な多くの地方都市においては、地域の骨格を形成する重要な計画となる。それは、地域住民の日々の交通需要に応じるとともに、非日常的な災害時の緊急活動や他地域からの観光需要、さらには他地域との交流や地域の将来像を規定するものでもある。地方にあっては、道路は、輸送システムの一部をなす機能施設であるとともに、地域独自のアメニティとも関連する施設であり、地域の骨格を形成するとともに、景観と並んで地域の品位を規定する重要な要素と考える必要がある。

本報告書の第2章では、この道路整備計画の支援システムについて研究する。ここでは、地域の特性に応じた整備計画案の評価の支援を目的に、行政も住民もが、自己自身の見解を表明できるシステムとして、まず、評価の考え方を、ISM法を適用し、階層構造図化し、次に、その階層構造図に対してAHP法を適用することによって、整備計画の代替案を総合的に評価するという支援システムを提案する。特に、行政や住民が容易に利用できるようにするために、それぞれ別々に研究されてきたISM法とAHP法を連動化した支援システム開発を行う。

②の橋梁の維持管理計画は、それが供用中の道路網の要素であり、しかも、その安全性が道路網の機能にとってクリティカルなものであり、何らかの意味で専門家による評価が必要であるところに特徴がある。しかし、橋梁は、また地域の顔であり、シンボルであるという面があり、専門家による評価を踏まえた上で、行政や住民による総合判断が必要な計画となる。そのために、専門家による評価を支援するとともに、その過程が行政や住民にも分かる形の支援システムの提供が必要となる。本報告書の第3章では、このような支援システムについて提案するとともに、その適用研究を通じて、行政や住民による総合判断の可能性について考察する。

①や②の計画では、このような支援システムを適用するに際して、幾つかの基本的なデータや情報が必要となる。それが上述した③の課題である。本報告書では、第4章で、そのような研究として、i)利用者から見た道路整備の満足度の評価の問題、ii)道路整備による渋滞緩和効果の評価の問題、およびiii)社会基盤整備に共通する基礎情報としての地盤の評価の問題を取り上げ、研究成果の整理をする。

現実の道路整備計画では、第2章で論じたような規範的な順位評価に加えて、地域バランス、施工の安全性や実行性、さらには、予算の単年度主義からくる制約などからの検討が必要となる。また、整備計画が地域でどのように進行し、それが当該地域で計画されている諸プロジェクトの進行の支援とどのようにマッチングしているのかも分かる支援が望ましい。第5章では、そのための支援システムのプロットタイプとして、計画情報の視覚的な地図化システムについて、研究・開発を行う。

これらの研究の相互関連を整理すると、図 1-1 のようになる。

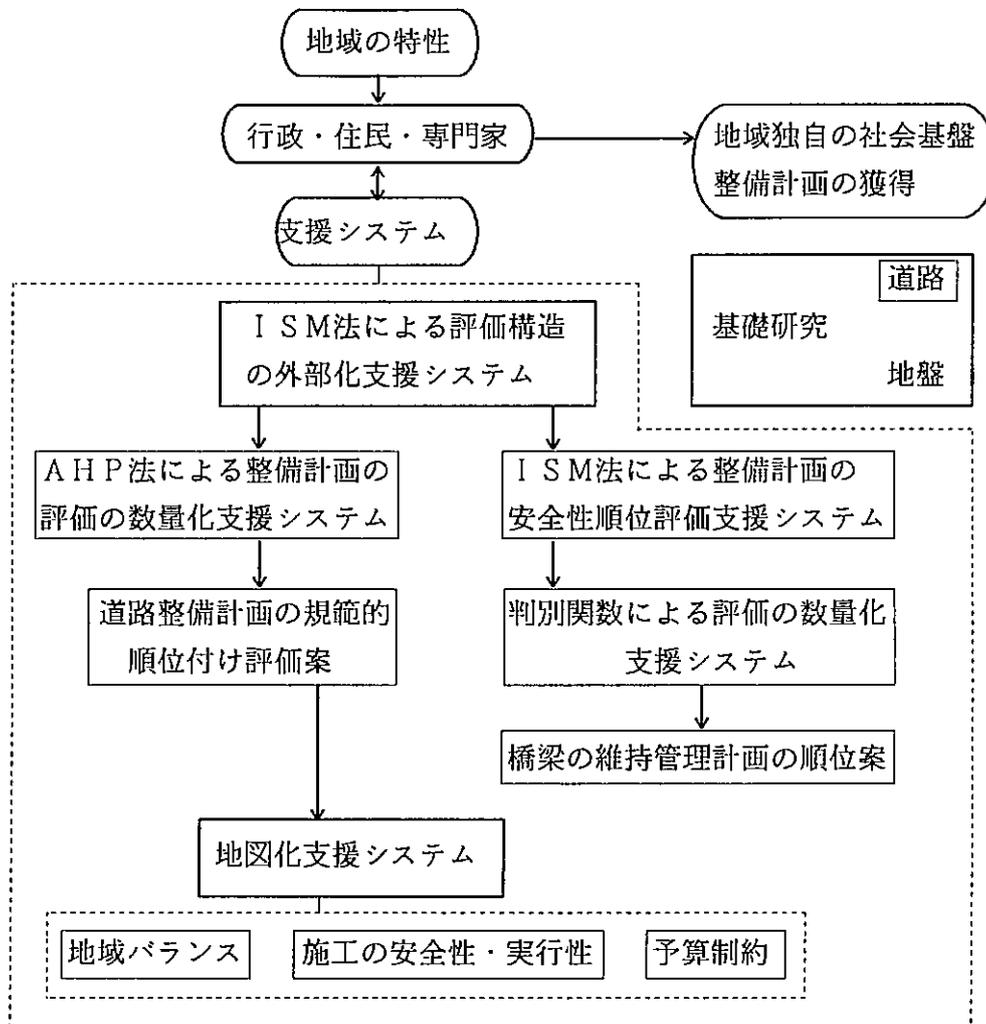


図 1 - 1 研究の相互関連図

第2章 道路整備計画代替案の順位付け評価支援システムの研究

2-1 ISM-AHP連動化システムによる支援の基本プロセスモデル

本研究では、道路整備計画代替案の順位付け評価のプロセスを2つに分け、それぞれの支援システムを考え、そそれを連動化したシステムの開発を行う。図1-1に示したように、その一つは、ISM法を用いた評価要因の階層構造図の作成のプロセスであり、いま一つは、その階層図をもとに、AHP法を適用して代替案の順位付け評価を数量化するプロセスである。以下この二つのプロセスの概要を、図2-1のプロセス図を用いて説明する。

まず、第1のプロセスであるISM法を用いた階層構造図作成プロセスを説明する。最初にこのプロセスは、対象としている問題に対して、関連する要素を抽出する。次に、「規定される」、「支援される」、「影響を受ける」などといった、これら要素間の関係を表す関係詞を選択し、要素間の関係についての一対比較を行う。例えば、「規定される」という関係詞を選択し、要素間の関係がそうであると判断すれば1、そうでないと判断すれば0を入れる。その結果、1, 0で構成される関係データ行列が作成される。この段階では、要素間の直接的関係も、間接的關係も区別されずに含まれている。ISM法の根幹は、この関係データ行列を要素間の直接的関係のみを示す骨格行列に変換し、問題認識を階層構造図として外部化するアルゴリズムにある。

この階層構造図を検討し、解釈(interpretation)を行い、主体が納得すれば、その階層構造図が対象である問題の認識を表していることになる。そうでない場合、図2-1の2つのフィードバックプロセスのいずれかをとることになる。一つは、階層構造図として外部化された自身の認識を見て、自覚している認識の不十分さに気づき、もう一度自身の問題要素の抽出から考え直すプロセスである。いま一つは、自覚している認識と階層構造図を比較し、要素間の関係を再考し、関係データ行列とするプロセスである。こちらの方は、小修正ということになる。この2つのフィードバックプロセスを繰り返すことによって、問題に対する自身の認識が明確化されることになる。

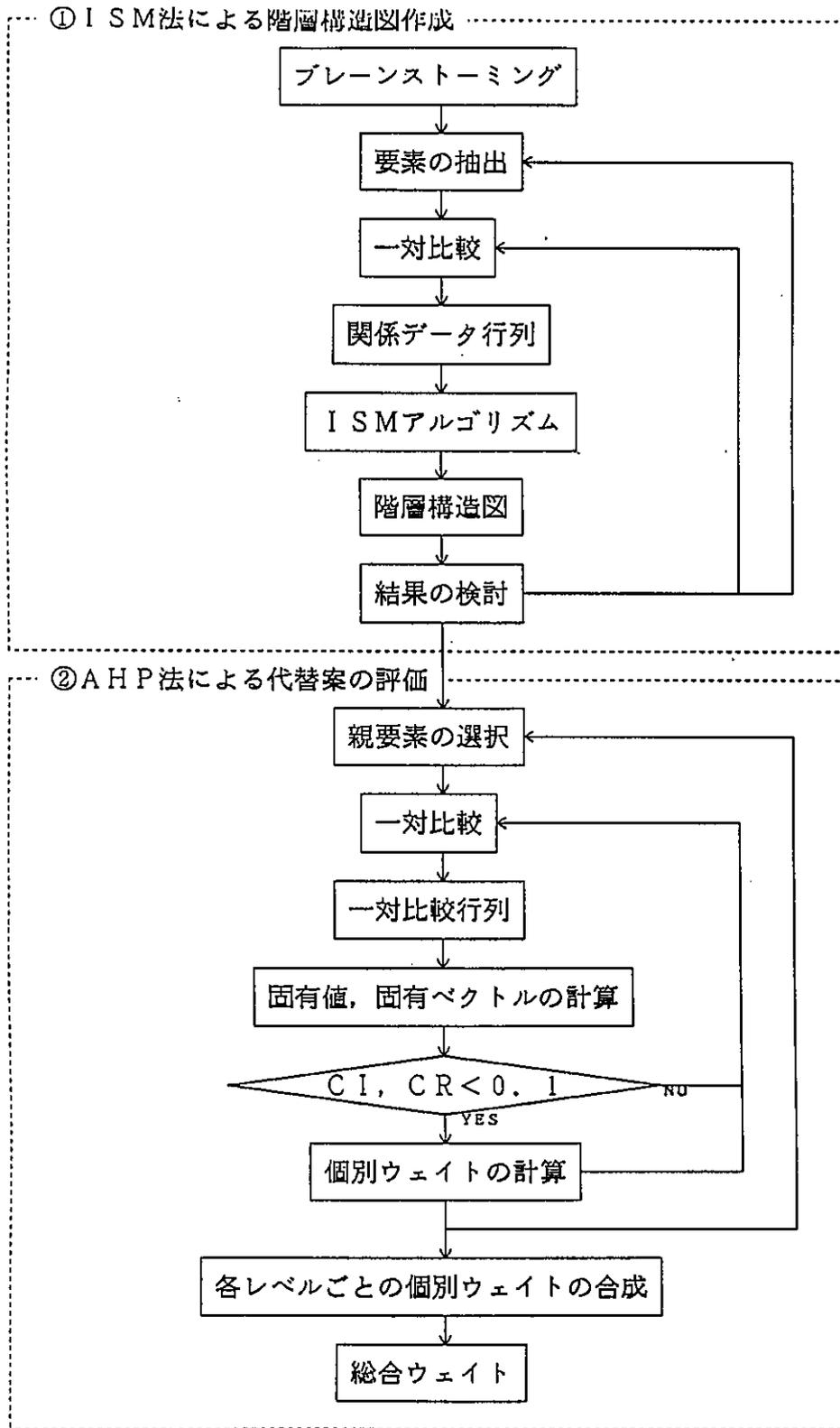


図2-1 支援システムの基本プロセスモデル

このプロセスによって、行政や地域住民や専門家は、道路整備計画に関する自己の考え方、評価構造を”階層構造図”として明確に示すことが可能となる。著者らは、このプロセスの支援システムとして、研究発表の(1)に示したマルチウインドウ型システムの開発を行っている。このシステムとその基礎となっているISM法については、後に述べるとして、次に、第2のプロセスであるAHP法による代替案の評価を説明する。

上述の第1のプロセスで、道路整備計画の代替案の順位付けに関する問題が十分に明確化され、評価すべき要素の関係が階層構造図として求まったとする。AHP法は、代替案の順位付けに際しての各要素の”重み”を、階層構造図が示す要素間の上下関係ないしは親子関係と、それにより指示される下位ないしは子要素の相対的重み評価によって、整合性のある数値として定める方法である。

具体的には、図2-1にあるように、第1のプロセスで作成・検討された階層構造図に対して、まず、親要素を選択し、それに対応する子要素間の一対比較を次のようにして行う。即ち

その親要素からみて、どちらの要素が重要で、その重要どほどの程度であるかを、同じ程度から極めて重要までを9段階で判断してください

という形で行う。その結果として、一対比較行列が作成される。AHP法は、その行列の固有値、固有ベクトルを計算することで、各要素の”重み”を算出する方法である。また、AHP法では、上の一対比較が、階層構造図に沿って何度も行う必要があり、それらの判断での整合性を評価するための指標として、CI、CRを有している。このCI、CRの計算結果が0.1以上である場合には、一対比較の判断に整合性がないということになり、一対比較の再考が求められる。

また、整合性はあっても求められた個別ウェイトに疑問あれば、同様にして再検討することになる。これらの過程を階層構造図の上から下まで繰り返し、終了すれば、各レベルごとのウェイトを階層構造図に従って合成することにより、総合ウェイトが求められる。これらの詳細と、このプロセスの支援システムについては、後に詳しく述べる。

本研究では、道路整備計画について、この二つのプロセスを、行政官や地域住民が自ら実行することができるための支援システム開発が目的となる。

2-2 ISM法による階層構造図の作成法

2-2-1 ISM法の基本概念

ISM法とは、ワーフィールド(Warfield, J.N.)によって開発された手法である。この方法は、図2-2に示すようなプロセスで構成されている。このプロセスに沿って、ISM法による階層構造図の作成法について説明する。

まず、対象として認識している問題に対して、ブレインストーミングによって、関連する要素を抽出する。これらの要素の集まりを要素集合Sとする。

$$S \equiv \{s_k\} \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (2-1)$$

次に、これらの要素間の関係の有無を検討するために、現在着目している問題について要素間を表す言葉、例えば、「規定される」、「支援される」、「影響を受ける」などといった「関係詞」を設定する。その関係詞をもとに $s_i, s_j \in S$ に対して、一対比較を行い、例えば、 s_i が s_j に「規定される」と判断すれば、 d_{ij} に1を入れ、そうでないと判断すれば、 d_{ij} に0を入れる。

その結果、集合Sの要素を行、列とする $n \times n$ の関係データ行列Dが作成される。

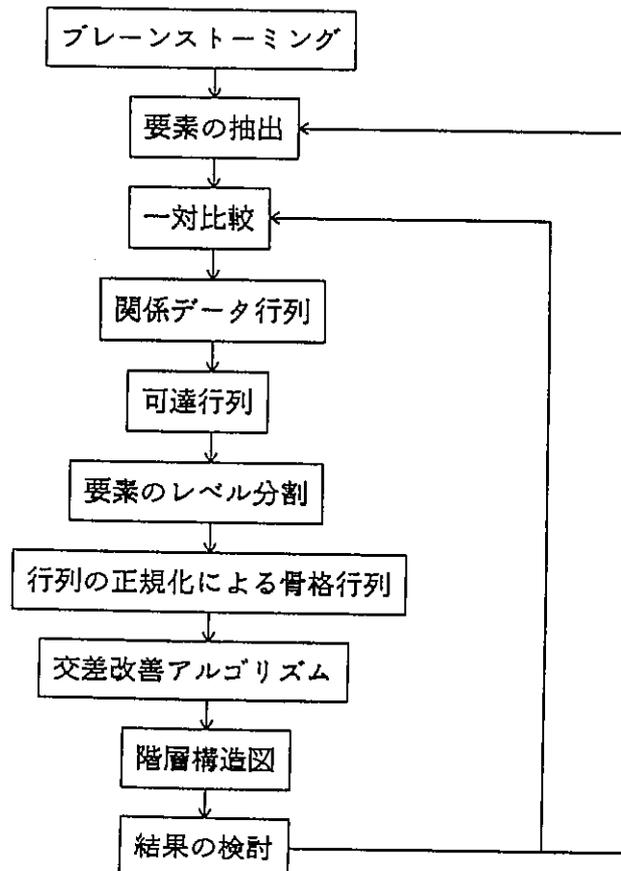


図2-2 ISM法のプロセス

$$D \equiv (d_{ij}) \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (2-2)$$

次に、関係データ行列DにISM基幹アルゴリズムを適用する。ISM基幹アルゴリズムとは、以下の(1)～(3)に示すような行列の変換プロセスを経て、階層構造図に必要な行列を作成するものである。

(1) 推移率の適用による可達行列の作成

関係データ行列に推移率：

$$d_{ij}=1 \text{ かつ } d_{ik}=1 \text{ ならば } d_{jk} \text{ に } 1 \text{ を入れる}$$

を適用して、可達行列(Reachability Matrix)Mを作成する。

$$M \equiv (m_{ij}) \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (2-3)$$

(2) 要素のレベル分割

集合Sは次のようにしてレベル分割される。まず、 L_k を定義する。

$$L_k \equiv \{s_i \mid s_i \in S - L_0 - L_1 - \dots - L_{k-1}, \\ R_{k-1}(s_i) \cap A_{k-1}(s_i) = R_{k-1}(s_i)\}$$

ここで、

$$L_0 \equiv \Phi,$$

$$R_{k-1}(s_i) \equiv \{s_j \mid s_j \in S - L_0 - L_1 - \dots - L_{k-1}, m_{ij}=1\}$$

$$A_{k-1}(s_i) \equiv \{s_j \mid s_j \in S - L_0 - L_1 - \dots - L_{k-1}, m_{ji}=1\}$$

但し、 $s_i \in L_k$ はkレベルに属する要素と呼ぶ。このレベル分割のアルゴリズムは図2-3のように書ける。

(3) 行列の正規化による骨格行列の作成

この可達行列Mは、一般には正規化されていない。即ち、線のつながりが2レベル以上にまたがる要素関係が存在する。ワーフィールドは、この部分に「ダミー要素を挿入することによって、(1)で求めた要素のレベル情報より、隣接レベルのみを表す行列(骨格行列)を作成している。このアルゴリズムを図2-4に示す。

以上が、ISM法の基本概念である。

さらに本システムでは、階層構造図を見易く提示するためのアルゴリズムを備えている。以下、これについて説明する。

階層構造図で、2レベル以上離れた要素間をつなぐ辺がないとき、その図は正規グラフであるといわれる。このようなグラフへの変換は、適当な位置にダミー

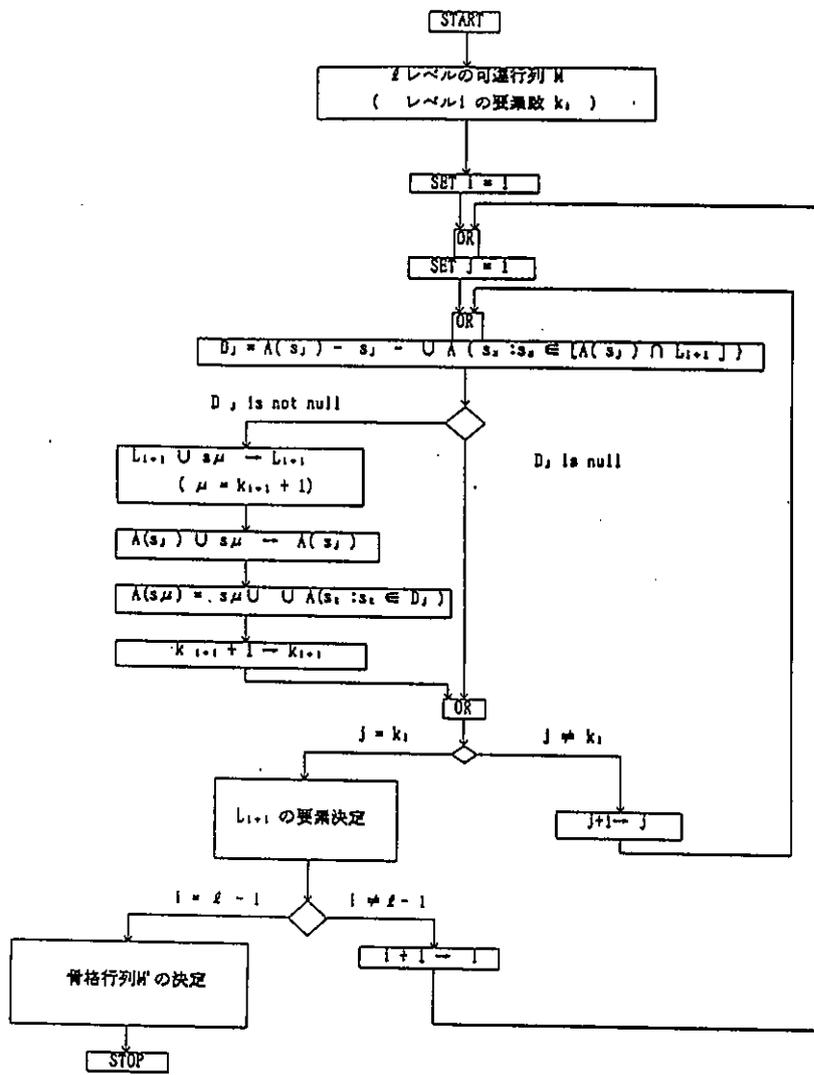


図 2-3 レベル分割アルゴリズム (レベル法)

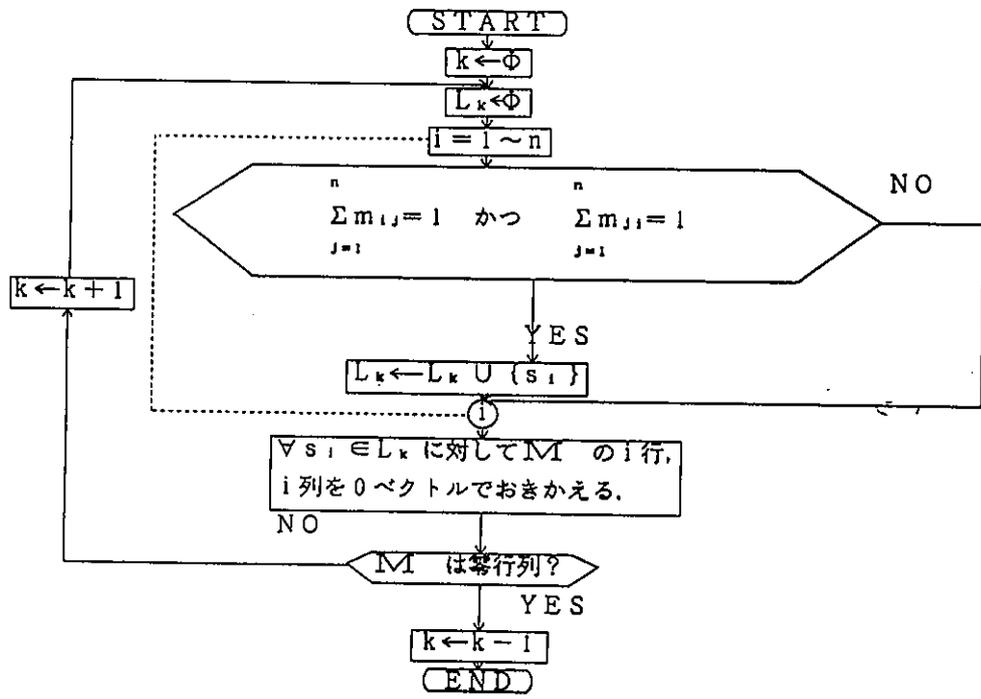


図 2-4 骨格行列の作成アルゴリズム

要素を導入することによって達成される。それについては、ワーフィールドが「正規化アルゴリズム」として既に発表している。

正規グラフでは、辺の交差は、 u と $u+1$ という隣接する2つのレベル間でのみ問題となる。この2つのレベルにある要素間の関係は、骨格行列の部分行列である隣接従属行列 $N_{u+1, u}$ によって与えられる。レベル u と $u+1$ にある要素群を L_u と L_{u+1} とすると、

$$L_u = \{s^h_1, s^h_2, \dots, s^h_n\} \quad (2-4)$$

$$L_{u+1} = \{s^v_1, s^v_2, \dots, s^v_m\} \quad (2-5)$$

但し L_u : レベル u の要素集合

L_{u+1} : レベル $u+1$ の要素集合

n : レベル u の要素数

m : レベル $u+1$ の要素数

とすれば、これらの要素間の関係を表す行列 $N_{u+1, u}$ は、

$$N_{u+1, u} = \begin{pmatrix} & s^h_1 & s^h_2 & & s^h_n \\ s^v_1 & d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ s^v_2 & d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ & \cdot & \cdot & & \cdot \\ & \cdot & \cdot & & \cdot \\ s^v_m & d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{pmatrix} \quad (2-6)$$

で与えられる。ここで、

i) $d_{ik} = 1$ ならば関係が有り、要素間を結ぶ辺が有る。

ii) $d_{ik} = 0$ ならば関係が無く、要素間を結ぶ辺がない。

である。

レベル $u+1$ にある2つの要素 s^v_i と s^v_j に対応する式(2-2)の行列の行ベクトルを $r(i)$, $r(j)$ とおく：

$$r(i) = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in}) \quad (2-7)$$

$$r(j) = (d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{jn}) \quad (2-8)$$

この2つの要素から出る辺と辺との間での交差数 $K(i, j)$ は、これらのベクトル

の要素を用いれば、

$$K(i, j) = \sum_{q=1}^{n-1} \sum_{p=q+1}^n n_{j,p} n_{i,q} \quad (2-9)$$

と書ける。従って、このレベル間での辺の総交差数 $K(N)$ は、

$$K(N_{u+1, u}) = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m K(i, j) \quad (2-10)$$

となる。

これらの値は、隣接従属行列の要素の並びを変更することによって変わる。すなわち、辺の交差数を最小化する問題は、原理的には数理計画法によって解ける。しかし、階層数が増えるにしたがって、計算時間が急速に増大し、実用性を失う。辺の交差数の改善アルゴリズムは、要素の並びを効果的に変更するルールの発見として試みられてきた。

ワーフィールドらの方法は、隣接従属行列の行ベクトル、列ベクトルを2進数として、それを10進数に変換した値をコードとして使用する要素並び変更法である。この方法では、交差数を最小にする要素の並びを示す行列、Generating Matrix が使用される。図2-5に、要素数が4個のときのGenerating Matrix を示す。ISM法の基本アルゴリズムで隣接従属行列が求められたとき、その各行ベクトルを2進数として、まず、それらを10進数に変換した値を求め、図2-5の

行列の行に対応した数値、コードの並びにしたがって隣接従属行列の行の並びを変更する。次に、列ベクトルについても同様の作業を行う。この操作で行、列ともにGenerating Matrix の並びに一致したときに、2レベル間での辺の交差を最小にする要素並びが得られる。ただし、図2-5の行列の要素が2となっているコード間では

コード	8	12	10	14	4	13	9	15	6	2	11	5	7	3	1
8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	0	0
11	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

図2-5 Generating matrix E_4

並びが入れ換っていてもよいことが知られている。このような行列は、現在のところは、各レベルにある要素数が5個以内の場合にしか見つかっていない。本支援システムでは、これに変わるものとして、各行ベクトルに対して、次式のような重心を求め、それをコードとして要素の並びを変更し、辺の交差数を改善する方法を考えている。

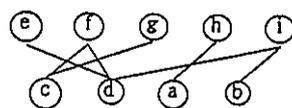
$$B(r(i)) = \frac{\sum_{k=1}^m k n_{ik}}{\sum_{k=1}^m n_{ik}} \quad (2-11)$$

この方法のルールは非常に簡単で、式(4)を計算し、単にその大きさの順に要素を並べ替えるだけである。ただし、辺の交差数を最小にする並びが常に得られるという保証はない。例えば、図2-6の(1)のような隣接従属行列を考える。これにこの方法を適用すれば、重心が求まる。これに従ってレベル1+1の要素の並びを変更すれば、図2-6の(2)のグラフとなり、総交差数は4となる。しかし、要素cとdを入れ換えれば、図2-6の(3)となり、交差数を3にすることができる。

しかし、多くの場合には、この方法でかなりの度合いで辺の交差数を減らすことができる。これを体系化した方法に杉山らのスケッチシステムが報告されている。この方法によって、本支援システムでは、見易い階層構造図を作成することを可能としており、このことが、大きな特徴でもある。

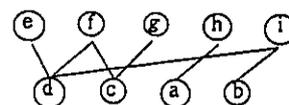
	e	f	g	h	i	B(r(i))
a	0	0	0	1	0	4
b	0	0	0	0	1	5
c	0	1	1	0	0	2.5
d	1	1	0	0	1	2.67

(1) 隣接従属行列N



K(N)=4

(2) Barycentric 法の結果



K(N)=3

(3) 変更例

図2-6 重心法で交差が最小にならない例

2-2-2 基本運用

本項では、基本画面を使用して支援システムの基本運用について説明する。その前に、本支援システムでは、図2-7に示すようなメニューを用意しているので、これについて最初に説明する。

メニューは親、子、孫、の3階層により構成されている。以下、この各ブランチについて説明する。「要素の検討」という親ブランチは、その内容として、「要素入力」、「要素の変更」、および「要素追加・削除」がある。追加、削除については、作業内容が異なるため、プログラム開発との関係で、さらに下位ブランチを設けている。ここでは、問題に関連する要素について検討している。

次に、「関係詞の検討」と「一対比較」という2つの親ブランチについて説明する。「関係詞」については、ISM法の説明でも述べたように、対象とする問題によって色々なものが考えられる。これに対応するために、「関係詞の決定」

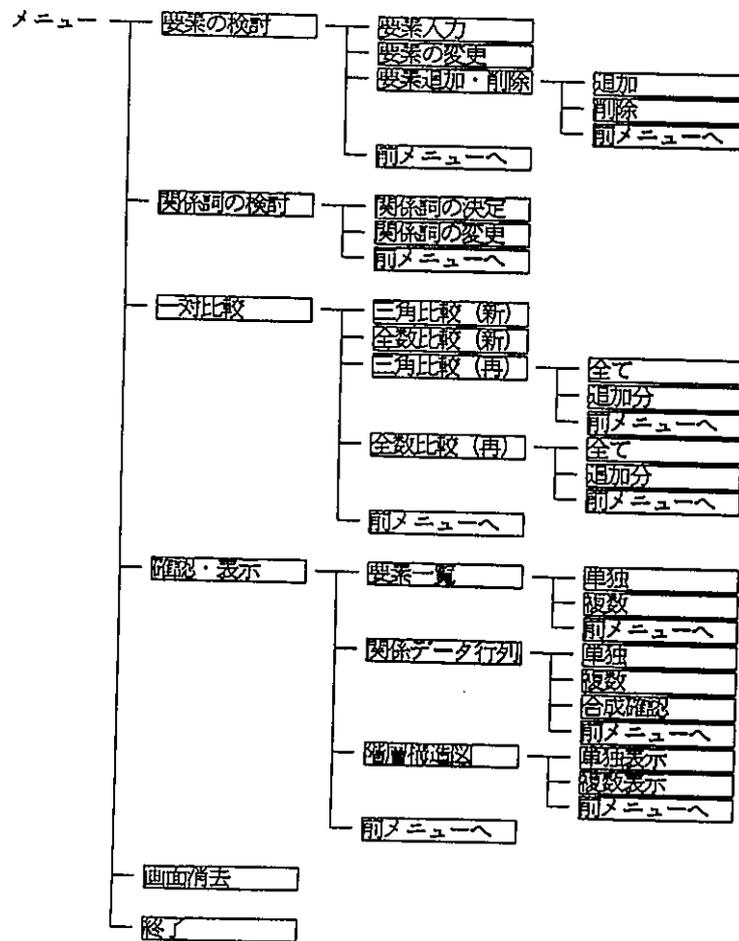


図2-7 メニュー

と「関係詞の変更」という子ブランチを設けている。「一対比較」については、「三角比較」（新，再）と「全数比較」（新，再）を設けた。「全数比較」とは、要素間の全ての組み合わせに対して一対比較を行うことを意味している。即ち、 d_{ij} と d_{ji} を別々に一対比較することになる。一方、「三角比較」では、これを別々にではなく d_{ij} と d_{ji} を同時判断し入力することを意味している。また、（新）と（再）については、（新）は新たに一対比較する場合、（再）は問題に対する認識の欠落によって、新たに要素を追加した時などの場合である。（再）では、さらに孫ブランチで「全て」と「追加分」を設けている。特に後者は、要素を再検討し、「要素の追加」を行った時に必要な作業の支援に対応している。ここでは、問題に関連する要素間の関係について検討している。

最後に、「確認・表示」という親ブランチは、その内容として「要素一覧」、「関係データ行列」、「階層構造図」の三つを設けている。「要素一覧」については、その下の孫ブランチに「単独」、「複数」を用意している。「複数」は、複数の人の抽出要素が同時に表示されるようになっている。「階層構造図」の子ブランチも同様の様式になっている。「関係データ行列」の下には、「単独」、「複数」の他に「確認・合成」を用意している。これは、他とのコミュニケーション結果をフィードバックし、自己の認識の拡大を図るものである。

以下、このメニューにしたがって説明する。図2-8は、使用するメニューとその時の画面である。ここでは、金沢市都市景観問題における建築物の高さ誘導

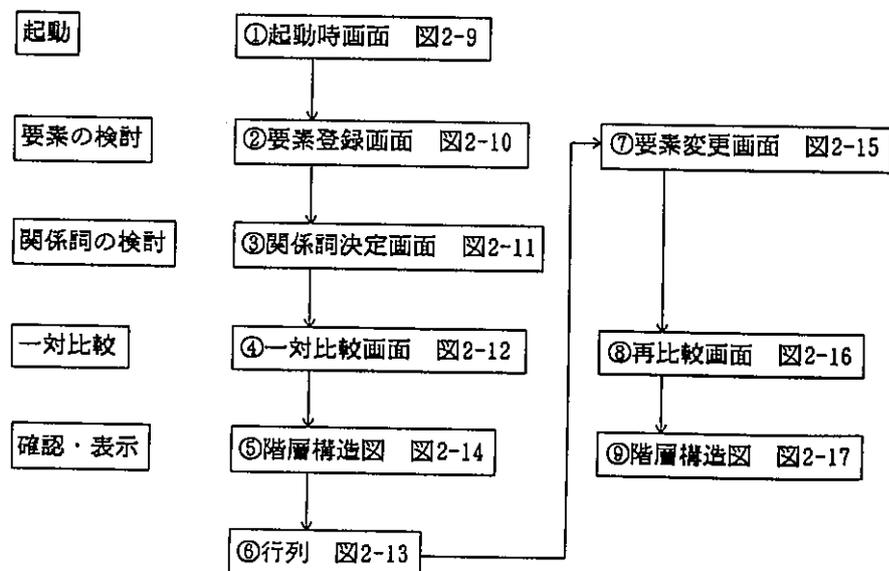


図2-8 メニューと画面表示

を事例として、階層構造図が作成されるまでについて説明する。

1) 図2-9は、起動時画面で、初期メニューである。ここでは、下方ウィンドウに「メニュー」の1段目、即ち親メニューが表示されている。

ブレン・ストーミングによって、問題に関連する要素を抽出する。これを表2-1に示す。これをもとに、同じような意味を持つ要素を統合して、要素を絞り込む。この結果、得られた要素を表2-2に示す。この絞り込んだ「要素」は、このメニューの先頭の「要素の検討」を選択することによって登録される。具体的には、これを選択すると、図2-10に示すように、このブランチの下にあるサブ・ブランチが2段目、子メニューに表示され、その「要素入力」を選択し、日本語フルスクリーンエディタを援用して、ファイルを作成する要領で登録していく。それを終了すると、「前メニューへ」を用いて1段目、親メニューに戻る。

2) 次に、「関係詞の検討」を選択する。この時、図2-11が表示される。ここでも、サブ・ブランチのメニューが2段目に表示され、「関係詞の入力」を選択する。このとき、左ウィンドウに操作ガイダンス、右ウィンドウに関係詞の一覧表が表示され、中央ウィンドウのテンプレートの中から選択する関係詞の番号をマウスで選択する。ここでは「規定される」を選定したことを述べて、先に進む。

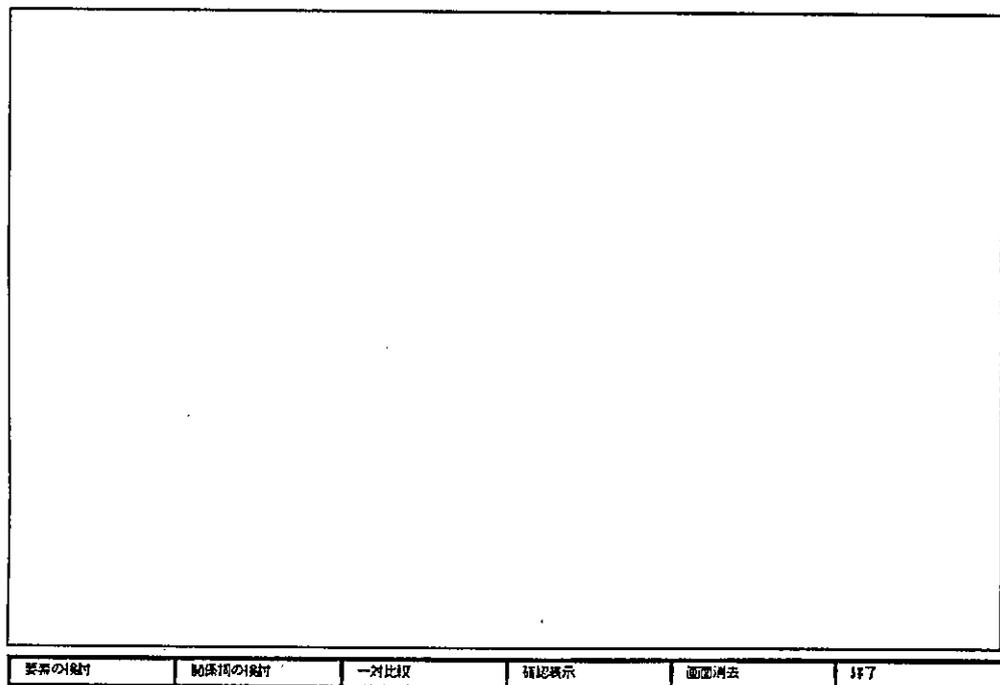


図2-9 起動時画面

表 2 - 1 要素抽出

番号	要素名	番号	要素名
1	建築物の高さ誘導	38	町並みの連続性
2	ランドマーク	39	居住空間
3	社寺	40	住宅・店舗
4	台地・丘陵	41	河川空間
5	河川	42	家並み
6	建築物の輪郭線	43	シンボリック性
7	近代的建築物	44	段丘崖の演出
8	商業活動	45	段丘壁
9	眺望点	46	基礎的骨格景観
10	都市活動	47	町屋形式
11	原形的風景	48	道筋景観
1.2	地形	49	近代的商業地
1.3	緑	50	歴史的雰囲気
1.4	建築物のシンボル性	51	都心軸
1.5	用水	52	親水空間
1.6	建築物の連続性	53	川筋景観
1.7	伝統的町並み	54	山並みの緑
1.8	住宅地	55	河川と兩岸の建築物との調和
1.9	山並み	56	河川敷の開放性
2.0	自然性	57	遠望
2.1	業務ビル	58	建物のスカイライン
2.2	再開発事業	59	斜面の緑
2.3	娯楽施設	60	自然環境
2.4	マンション	61	田園景観
2.5	公共施設	62	区画整理事業
2.6	都市計画的条件	63	都市計画道路の整備
2.7	指定容積率	64	再開発ビル
2.8	建ぺい率	65	商業集積
2.9	道路幅員	66	商店
3.0	斜線制限	67	交差点のランドマーク
3.1	市街地のランドマーク	68	繁華街
3.2	歴史的町並み	69	商業地区
3.3	都市機能の集積	70	ショッピングストリート
3.4	歩行者空間	71	パノラマ
3.5	歴史的景観	72	ビスタ
3.6	地形的景観	73	台地の稜線
3.7	近代的都市活動	74	地形との調和

表 2 - 2 要素の絞り込み

番号	要素名	番号	要素名
1	建築物の高さ誘導	1.4	再開発事業
2	市街地の輪郭線	1.5	近代的ランドマーク
3	歴史的環境の保全	1.6	焦点店舗
4	自然環境の保全	1.7	業務ビル
5	都市活動	1.8	公共施設
6	歴史的ランドマーク	1.9	娯楽施設
7	伝統的町並み	2.0	住宅地
8	社寺	2.1	マンション
9	緑	2.2	指定容積率
1.0	台地丘陵	2.3	建ぺい率
1.1	河川	2.4	道路幅員
1.2	山々	2.5	斜線制限
1.3	都市計画的条件		

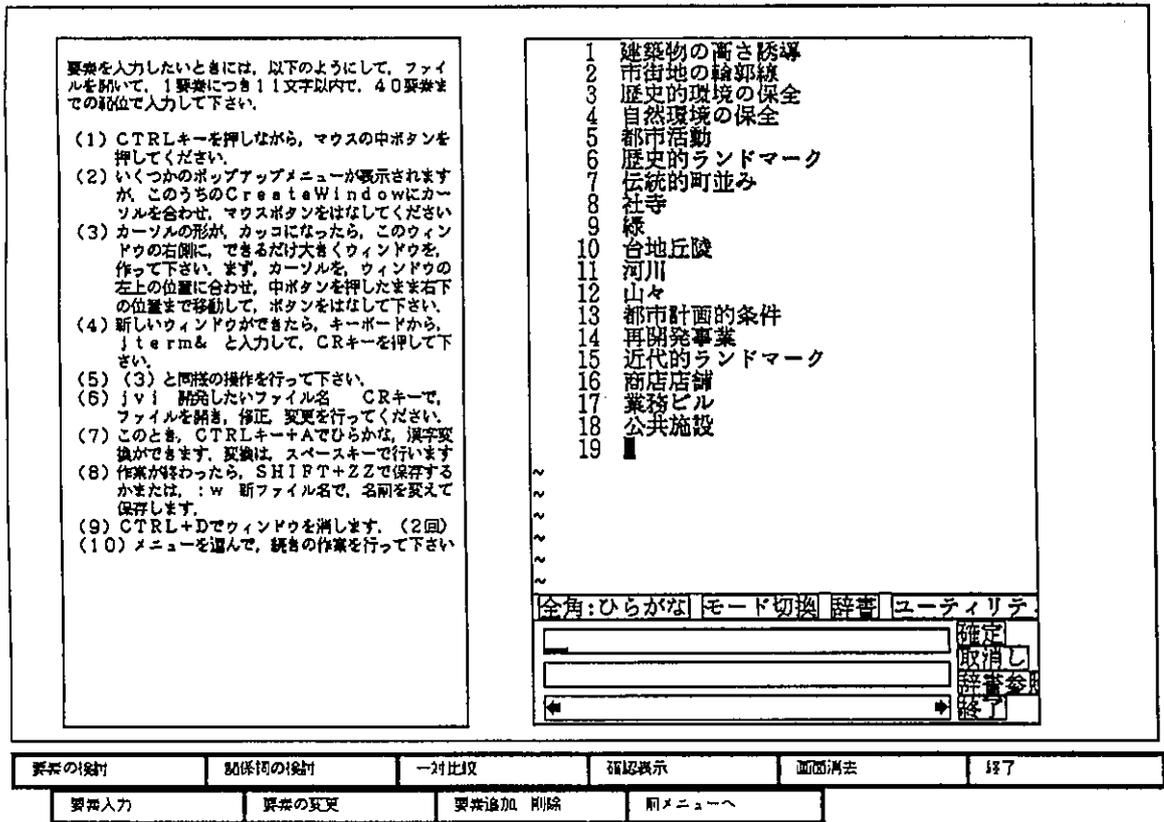


図 2-10 要素登録画面

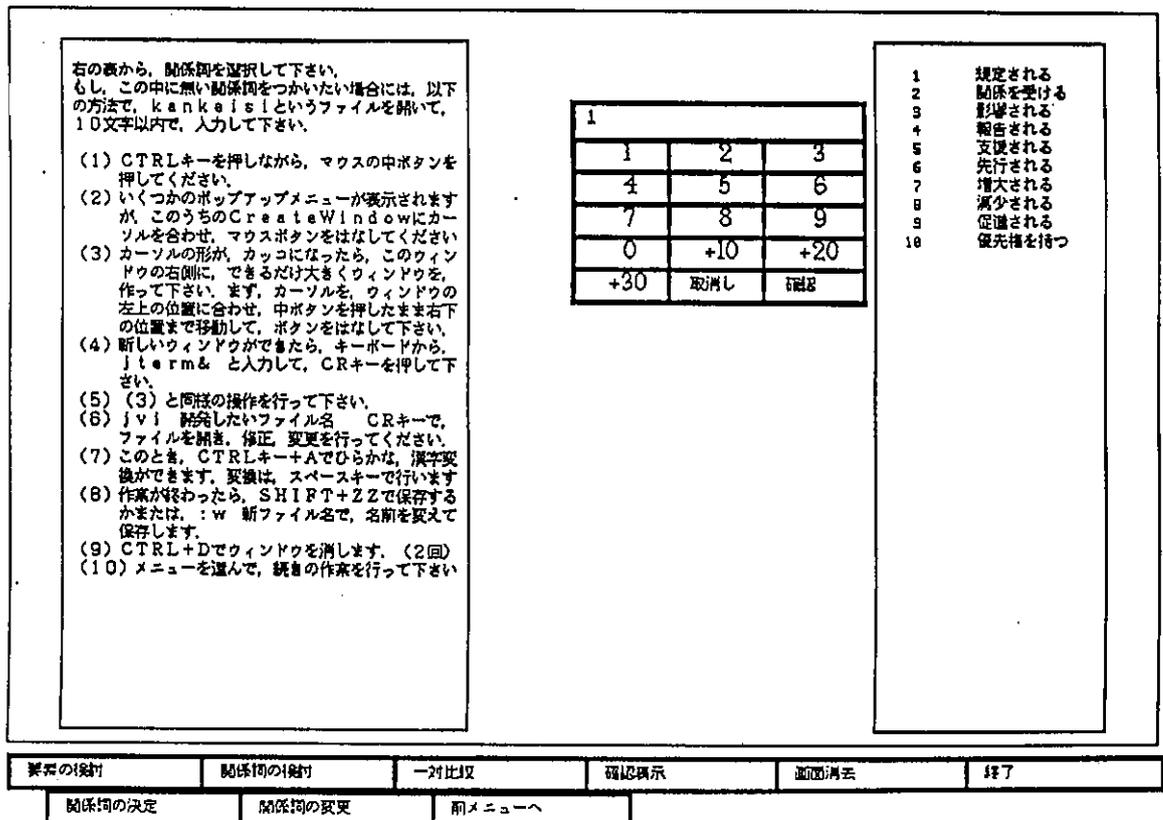


図 2-11 関係詞決定画面

3) 次に、同様にして「一対比較」を選択し、そのうちその子メニューの「三角比較(新)」を選択したとして、さらに説明する。これを選択し、要素リストのファイル名を指定すると、まず右端ウィンドウに”要素リスト”が表示され、続いて、中央ウィンドウに”一対比較文”と結果の”入力メニュー”が表示されてくる。図2-12の画面はこの段階のもので、第一番目と第二番目の要素間の”一対比較文”が中央に表示されている。

一対比較結果の入力は、第一番目の要素が第二番目の要素に規定されていると思えば、メニューの「順関係」を、逆と思えば「逆関係」を、関係ないと思えば「無関係」を選択すればよい。この入力が済めば、第一番目と第三番目というように、自動的に”一対比較文”が表示されてくる。三角比較を選択した場合には、このように双方向で判断するので、比較回数は、要素の総数をnとすれば、 $n(n-1)/2$ となる。

4) このような一対比較結果の入力が全て終了すれば、「関係データ行列」が作成され、さらにISM法のアルゴリズムによって、「階層構造図」の表示に必要なデータが生成される。図2-13は「関係データ行列」の表示画面であり、「確認・表示」のサブメニューで「関係データ行列」の「単独」を選択した結果である。

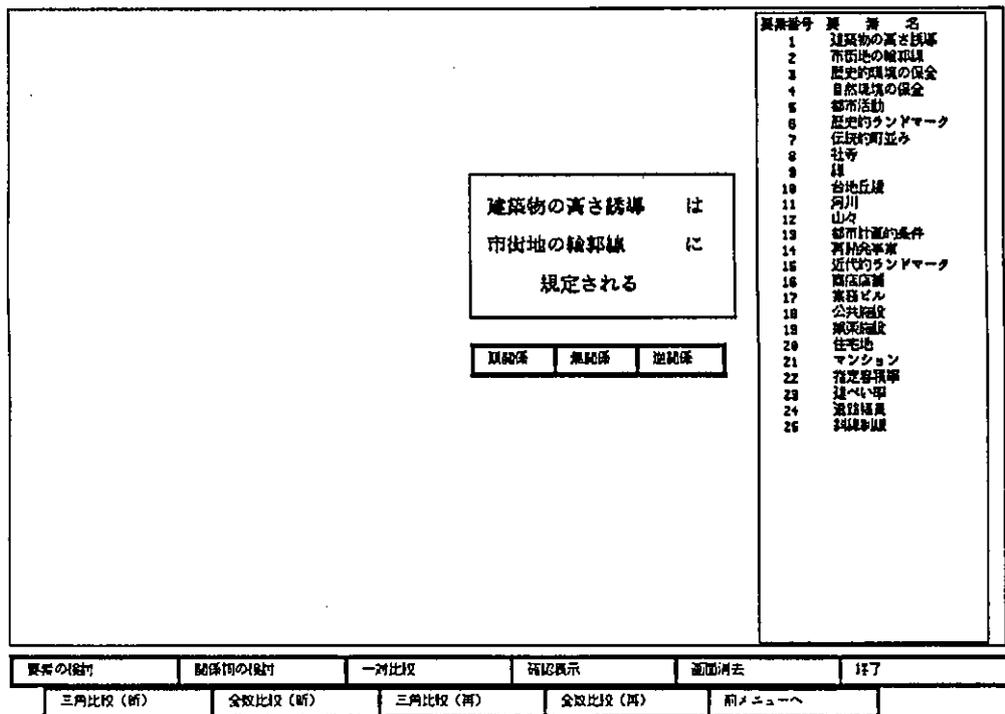


図2-12 一対比較画面

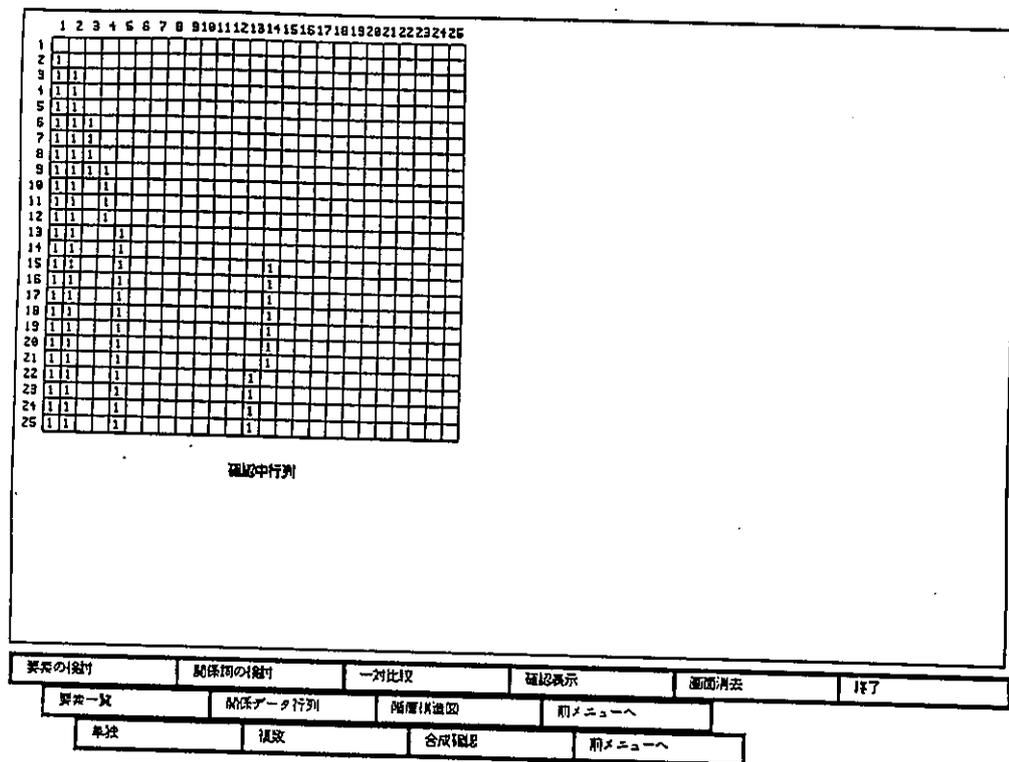
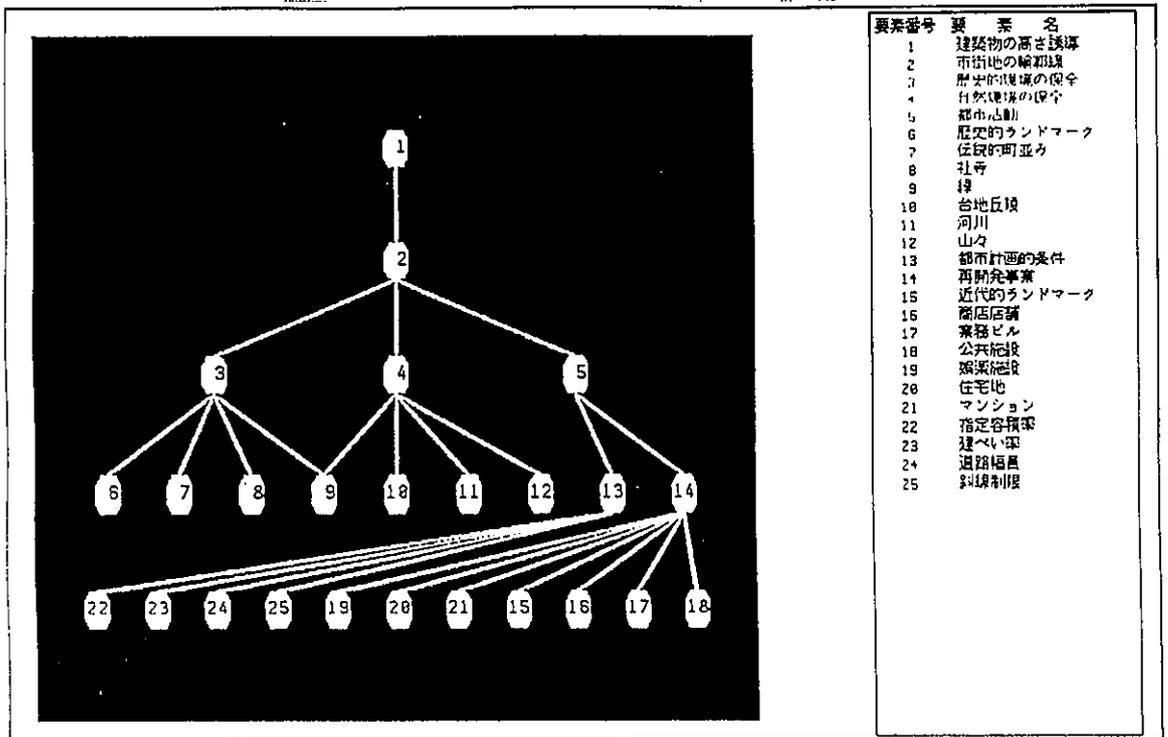


図 2-13 関係データ行列表示画面

- 5) 次に、図 2-14 の画面を用いて、「階層構造図」の表示と検討のステップについて説明する。この画面には、下方に 3 段の "メニュー" が、右端に、"要素リスト" が、中央に "階層構造図" が表示されている。一対比較が全て終了した後に、1 段目のメニューで「確認表示」を選択し、次にその下で「階層構造図」を選択すれば、さらにその下に 3 段目のメニューが表示されてくる。そこで、「単独表示」を選択した結果が、図 2-14 の画面である。
- 6) ユーザーは、この階層構造図を要素リストを参照しながら、この階層構造図が言わんとしていることを検討するとともに、自己の問題認識を批判的に眺め直すことになる。その結果、要素を追加したり、削除したり、あるいは要素間の関係を再検討したりして、より納得のいく階層構造図に仕上げて行く。図 2-15 は「要素の検討」を選び、その子メニューである「要素の変更」を行っている画面である。さらに、図 2-16 は、階層構造図と要素リストを同時に眺めながら、一対比較を再実行している画面である。この運用系は図 2-14 の状態で、「前メニューへ」を選択し、1 段目に戻り「画面消去」を選択せず、画面を表示したままの状態ですべて「一対比較」を、2 段目で「三角比較 (再)」を、3 段目で「全て」を選択した場合である。



要素の検索	関係詞の検索	一対比較	確認表示	画面消去	終了
要素一覧	関係データ行列	階層構造図	前メニューへ		
単独表示	複数表示	前メニューへ			

図 2-14 階層構造図表示画面

要素に変更がある場合には、以下のようにして、変更して下さい。

- (1) CTRLキーを押しながら、マウスの中ボタンを押してください。
- (2) いくつかのポップアップメニューが表示されますが、このうちのCreateWindowにカーソルを合わせ、マウスボタンをはなしてください。
- (3) カーソルの形が、カッコになったら、このウィンドウの右側に、できるだけ大きくウィンドウを作ってください。まず、カーソルを、ウィンドウの左上の位置に合わせ、中ボタンを押したまま右下の位置まで移動して、ボタンをはなして下さい。
- (4) 新しいウィンドウができたなら、キーボードから、Jterm& と入力して、CRキーを押して下さい。
- (5) (3)と同様の操作を行って下さい。
- (6) Jv1 開発したいファイル名 CRキーで、ファイルを開き、修正、変更を行ってください。既存のリストは、ls -xでみる事ができます。
- (7) このとき、CTRLキー+Aでひらがな、漢字変換ができます。変換は、スペースキーで行います。
- (8) 作業が終わったら、SHIFT+Zで保存するかまたは、:w 新ファイル名で、名前を戻して保存します。
- (9) CTRL+Dでウィンドウを消します。(2回)
- (10) メニューを選んで、続きの作業を行って下さい

- 1 建築物の高さ誘導
- 2 市民の合意形成
- 3 景観条例の運用
- 4 市民運動
- 5 PR活動
- 6 助成制度
- 7 審議研究機関
- 8 規制誘導
- 9 生活環境の維持
- 10 商業活動の保護
- 11 地元説明会
- 12 シンボリズム
- 13 表彰制度
- 14 景観協定
- 15 補助金
- 16 技術的援助
- 17

~
~
~
~

"keikan4.elem" 22 lines, 506 characters

全角:ひらがな モード切替 辞書 エーティリティ

	確定
	取消
	辞書参照
	終了

要素の検索	関係詞の検索	一対比較	確認表示	画面消去	終了
要素入力	要素の変更	要素追加 削除	前メニューへ		

図 2-15 要素変更画面

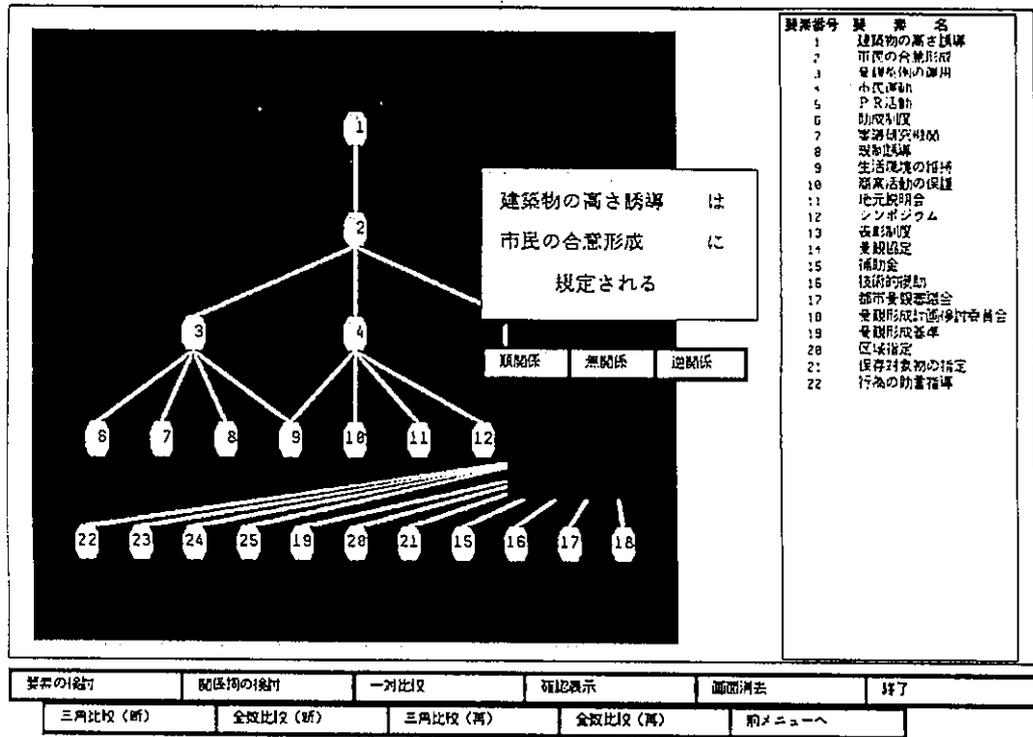


図 2-16 再一対比較画面

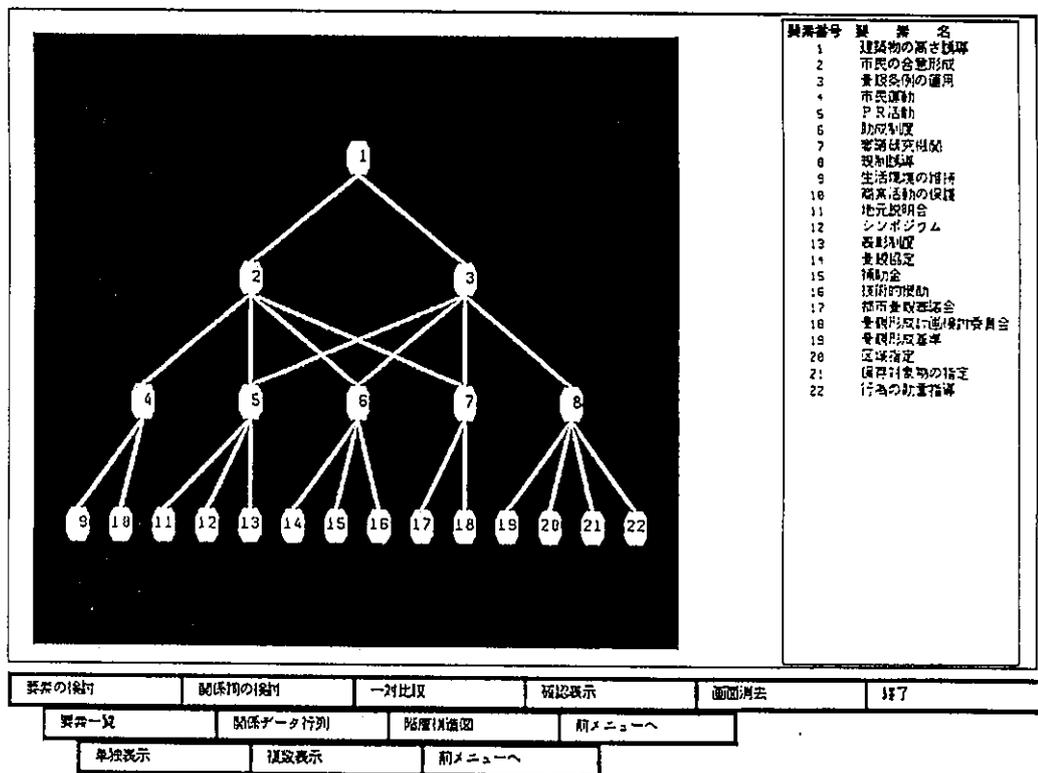


図 2-17 再一対比較後の階層構造図表示画面

7) 一対比較が全て終了した後に、また1段目のメニューで「確認表示」を選択し、次にその下で「階層構造図」を選択すれば、さらにその下に3段目のメニューが表示され、「単独表示」を選択した結果が図2-17の画面である。

以上の過程を経て、階層構造図が作成されるわけである。

2-3 AHP法による代替案評価法

・2-3-1 AHP法の基本概念

AHP法の基本プロセスは、図2-18のようになっている。ここでは、階層構造図は与えられているとし、一対比較と個々の評価項目の個別ウェイトと総合ウェイトの計算アルゴリズムについて説明する。階層構造図の第1レベルにある要素1を、まず親要素として、第2レベルの要素間の一対比較がなされる。具体的には、親要素の視点から見て、第2レベルにある要素に対して、「要素iは要素jに対してどの程度重要か」を表2-3のような意味で一対比較する。その結果を、この表の一対比較値を用いて、 a_{ij} に設定する。一対比較行列は、この値を用いて、

$$A_k = (a_{ij}) \quad (2-12)$$

k : 親要素

i, j : レベル2の要素

として定められる。ここで、 $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ である。

AHP法では、この行列は一対比較が正確になされていれば、要素i, jの真の個別ウェイト w_i, w_j を用いて、

$$a_{ji} = w_i / w_j \quad (2-13)$$

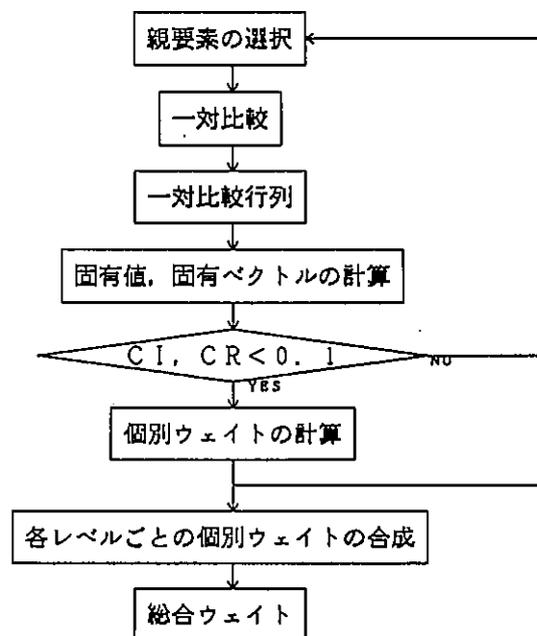


図2-18 AHP法の基本プロセス

表 2-3 重要度を表す言葉と一対比較値

一対比較値	意 味
1/9	j は i より絶対的に重要: Absolutely
1/8 1/7	j は i よりかなり重要: Much more
1/6 1/5	j は i より重要: More
1/4 1/3	j は i より若干重要: A little more
1/2 1/2	i は j と同じくらい重要: Equal
3/4	i は j より若干重要: A little more
5/6	i は j より重要: More
7/8	i は j よりかなり重要: Much more
9	i は j より絶対的に重要: Absolutely

となるとし、 a_{ji} から逆に w_i, w_j を推定する理論である。すなわち、

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1, w_1/w_2, \dots, w_1/w_n \\ w_2/w_1, w_2/w_2, \dots, w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1, w_n/w_2, \dots, w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (2-13)$$

とすれば、このAに右辺からウェイトベクトルを乗じれば、

$$\begin{pmatrix} w_1/w_1, w_1/w_2, \dots, w_1/w_n \\ w_2/w_1, w_2/w_2, \dots, w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1, w_n/w_2, \dots, w_n/w_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{pmatrix} \quad (2-14)$$

となる。ここで、

$$(w_1, w_2, \dots, w_n)^t = W \quad (2-15)$$

とベクトル表示すれば、(2-14)式に(2-15)式を代入すると

$$A \cdot W = n \cdot W \quad (2-16)$$

となる。(2-16)式を変形すると、

$$A \cdot W - n \cdot W = (A - n \cdot I) W = 0 \quad (2-17)$$

となる。この式は、要素のウェイトベクトル W は、行列 A の最大固有値 n に対する固有ベクトルとして求まることを意味している。

この固有値、固有ベクトルは、巾乗法を用いて求める。この方法は、行列 A に $V^{(0)}$ を乗じて $V^{(1)}$ を作り、さらに、 A に $V^{(1)}$ を乗じて $V^{(2)}$ を作るという操作を続けると、 $V^{(k)}$ は次第に最大固有ベクトル方向に収束し、 $V^{(k)}$ と $V^{(k+1)}$ の大きさの比が最大固有値に収束するという性質により、固有値、固有ベクトルを求めるものである。

AHP法では、この固有ベクトルを

$$w_i = w_i / \sum_{k=1}^n w_k \quad (2-18)$$

と正規化して、ウェイト w_i とするのが一般的である。

以上は、

$$a_{ij} = w_i / w_j$$

が成立している時の話である。一般には、この仮定は常に成立するとは限らない。そこで、 a_{ij} をもとに w_i 、 w_j を推定することの妥当性の根拠が必要となる。AHP法では、次式CI (Consistency index)、CR (Consistency ratio)をその指標としてが使用することが提言されている。

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (2-19)$$

$$CR = CI / \mu \quad (2-20)$$

λ_{max} : 最大固有値

n : 子要素数

μ : 非整合度の尺度

まず、CIについては、式(2-19)が完全に成立していれば、 $\lambda_{max} = n$ となり、CIは0となる。しかし、前述したように、一般にはこの仮定は完全には成立せずに、 $\lambda_{max} > n$ となりCIは0とはならない。この時、この

係数が0.1より大きくなった場合には、判断の整合性に問題があり、一対比較を見直してみる必要があるとされる。

一方、CRは、一対比較をでたらめに行ったとしても、CIが0.1以下となる場合があることに対するチェック指標である。サーティは、要素数を2から15の場合に分け、それぞれのケースに対して、要素間の一対比較値をランダムに与えた一対比較行列を多数作成し、そのCIを算出し、平均(μ)をもとめるという実験を行い、表2-4のような整合度表を示している。これを見て分かるように、要素数が少なくなるにつれて、また比較値が小さくなるにつれ、デタラメに一対比較値を入力しても μ の値が良くなっていることがわかる。したがって、CIだけでなくその行列の大きさに対する μ との比(整合比)を求め、さらに整合性をチェックするという方法を活用している。そして、ここでも整合性の基準判断を0.1未満と設定している。

次に、図2-18の各レベルの個別ウェイトの合成は、上述で求められた各個別ウェイトをもとに、2レベル毎に合成している。

いま、レベル u とレベル $u+1$ でウェイト合成を行う時、レベル u の要素 j の個別ウェイトを w^u_j とする。また、親要素 j に関するレベル $u+1$ の子要素 m の個別ウェイトを v_{mj} とすると、レベル $u+1$ の要素 m の総合ウェイト w^{u+1}_m は次式で求めることができる。

$$w^{u+1}_m = \sum_{j=1}^{k_u} w^u_j \cdot v_{mj} \quad (2-21)$$

表2-4 非整合性尺度 (μ)

Scale	Order of matrix													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-5	0.000	0.244	0.335	0.472	0.479	0.527	0.580	0.577	0.611	0.591	0.623	0.632	0.641	0.629
1-7	0.000	0.515	0.504	0.708	0.798	0.827	0.922	0.961	0.968	1.012	1.019	1.054	1.052	1.052
1-9	0.000	0.416	0.851	1.115	1.150	1.345	1.334	1.315	1.420	1.395	1.482	1.491	1.470	1.466
1-15	0.000	0.705	1.733	2.204	2.416	2.349	2.351	2.525	2.674	2.749	2.693	2.804	2.827	2.806
1-20	0.000	1.326	2.044	2.948	3.354	3.428	3.598	3.709	3.807	3.719	3.899	3.888	3.895	3.971
1-90	0.000	3.206	10.411	15.452	16.096	17.603	17.454	18.580	19.110	18.747	19.695	19.857	19.990	20.052

注) Order of matrix : 行列の大きさ 要素数 n

Scale : 一対比較値の設定範囲

したがって、

$$W^u = (w^u_1, \dots, w^u_{k_u})^t \quad (2-22)$$

$$W^{u+1} = (w^{u+1}_1, \dots, w^{u+1}_{k_{u+1}})^t \quad (2-23)$$

とし、レベル u の要素 j に関するレベル $u+1$ の要素の個別ウエイト V を、

$$V = [v_{mj}] \quad (2-24)$$

とすれば、

$$W^{u+1} = V \cdot W^u \quad (2-25)$$

によって、個別ウエイトは合成される。これを最終レベルまで繰り返せば、代替案の総合ウエイトを求めることができる。このレベル合成によって、総合ウエイトを求めるアルゴリズムは、図 2-19 によって示すことができる。

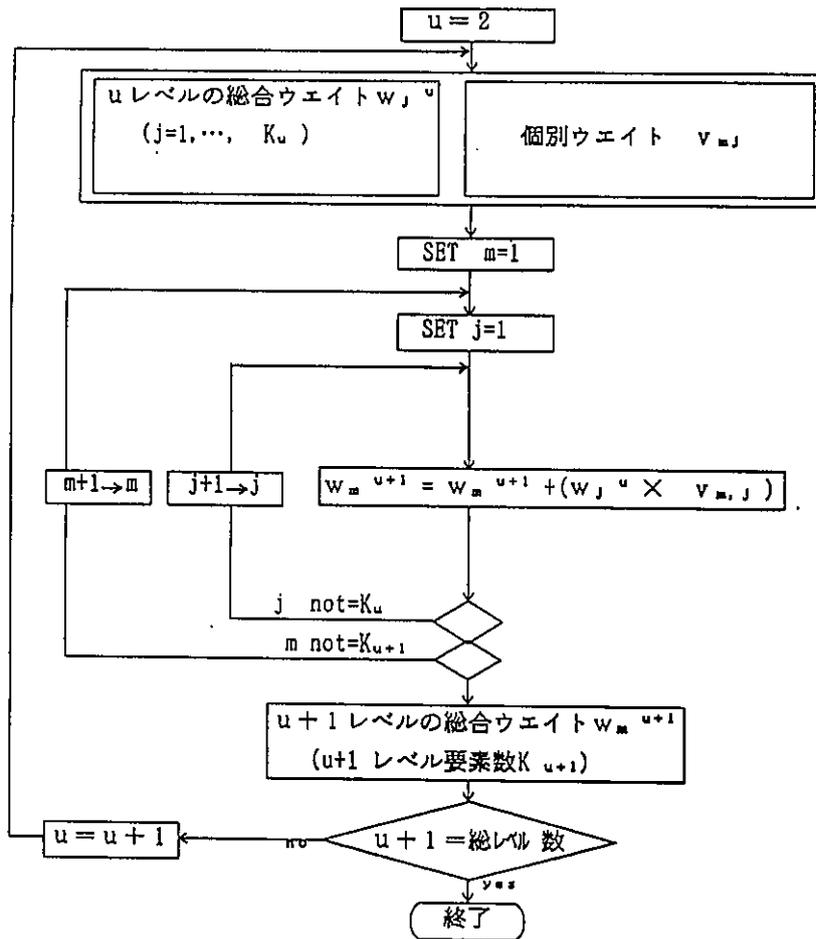


図 2-19 総合ウエイト計算アルゴリズム

2-3-2 基本運用

本項では、前節の支援システムによって、図2-20に示すような階層構造図が作成されていたとして、AHP法による代替案評価法の基本運用について、説明を行う。図2-21に示す選択メニューと画面番号に従って説明する。システムを起動すると、まず図2-22の画面上部(イ)にあるメニューが表示される。図2-1の支援システムの基本プロセスに対応させれば、ISM法による階層構造図作成、あるいはAHP法による代替案評価に対応する。ここでは、前述したように図2-20に示すような橋梁の安全性評価構造図が作成済として説明する。いま、[ISM]をマウスで選択したとする。すると図2-22に示すように下方に新たなウィンドウ(ロ)が作成され、[Enter the Structure file and Element id file]というメッセージが出される。つまり階層構造図ファイルとその要素識別ファイルを入力する事を指示している。これに対し、この2段目のウィンドウは、主体のキーボード入力部分で、ここでは、橋梁の階層構造図ファイルの名前である[kyoahp5.int]と、橋梁の要素識別ファイルの名前である[hashiahp3.elem]が入力されている。次に、マウスで3段目のウィンドウ[OK]の部分をクリックされることによって、この2つのファイル名がシステムに通知され、

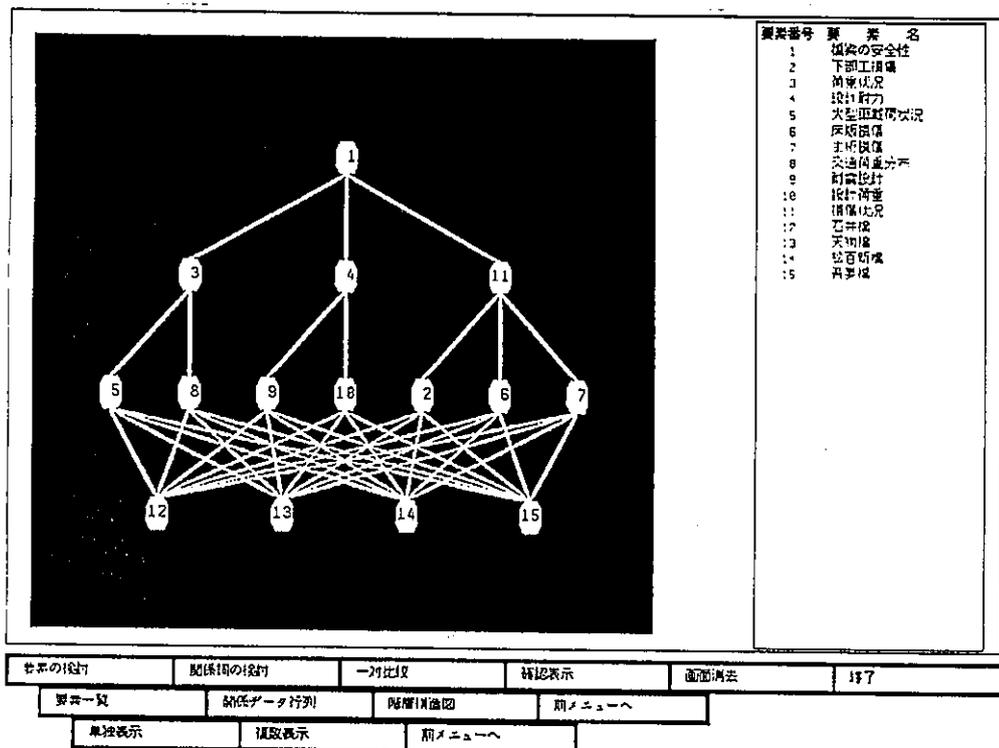


図2-20 階層構造図

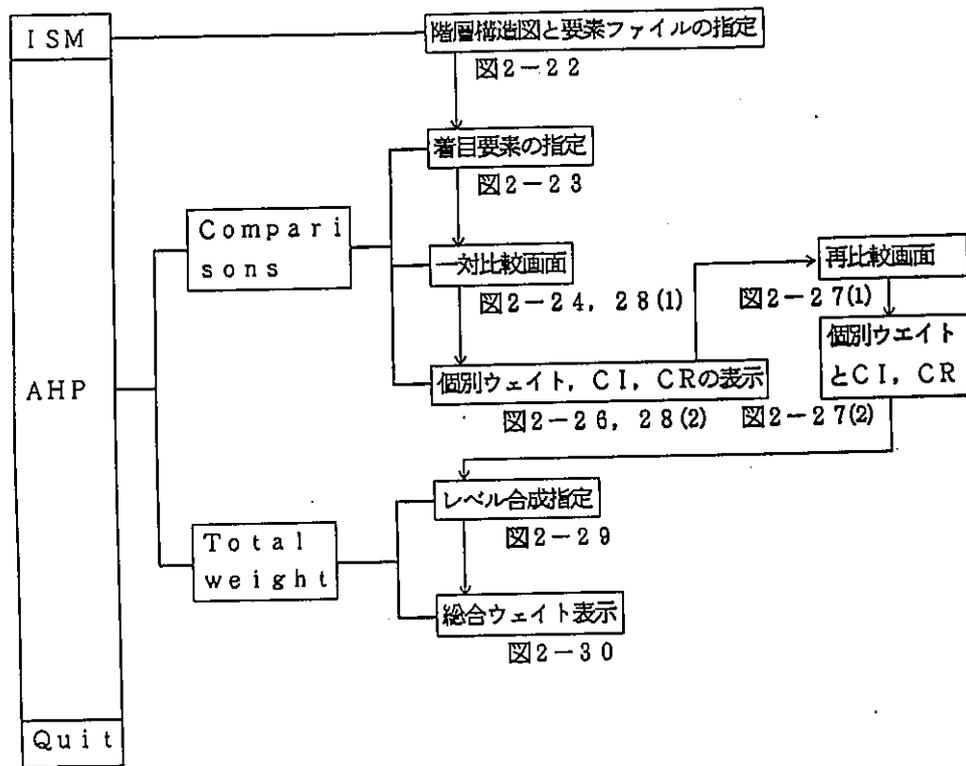


図 2-21 基本運用と画面フロー

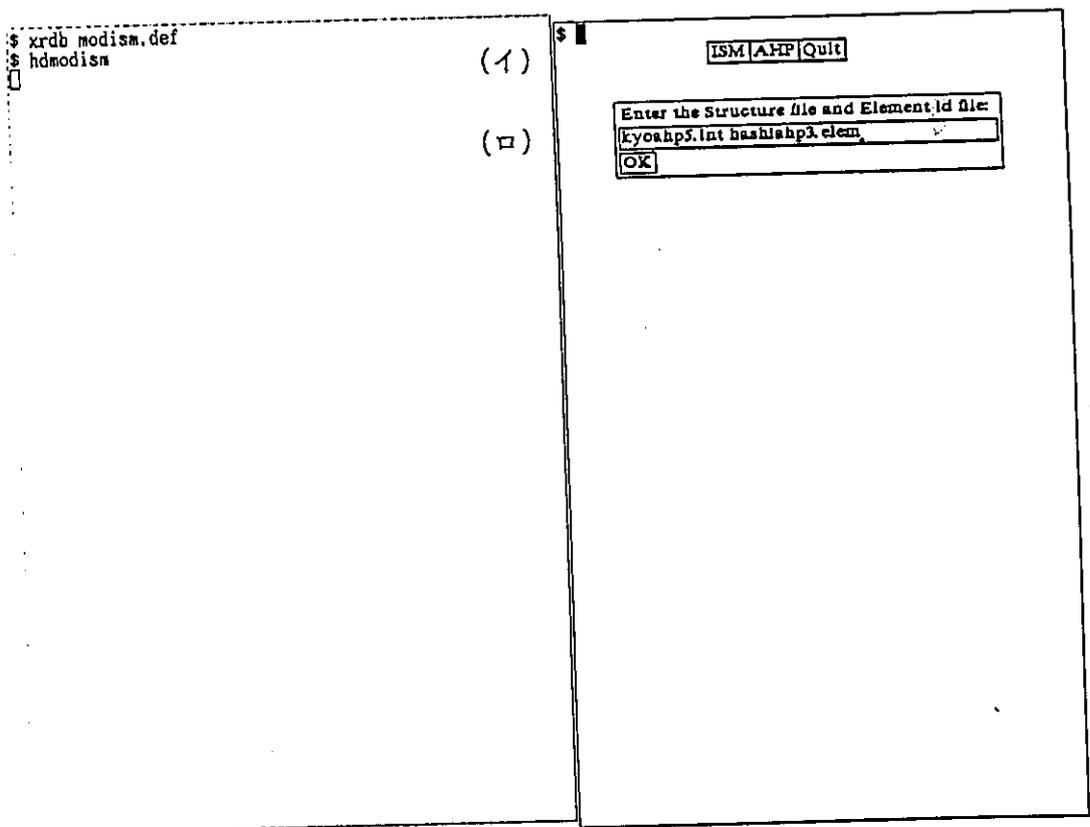


図 2-22 階層構造図と要素ファイルの指定画面

データベースからこの2つのファイルが入力される。この時、自動的にこの3段のウィンドウは消える。(以降このように入力後自動的に消えてしまうウィンドウを一時ウィンドウとする)。

次に、各子要素の対比較を行うために、[AHP] をマウスで選択したとする。すると、図2-23の画面が表示される。[Comparisons] , [Total weights] , [Return main menu] の選択肢からなるウィンドウが表示される。[Comparisons] は、図2-18の対比較から個別ウェイトの計算までを行う。[Total weights] は図2-18の各レベルごとの個別ウェイトの合成と総合ウェイトの計算を行う。この[Comparisons] をマウスで選択すると、新たな一時ウィンドウに[Enter point of view] というメッセージが表示される。これは階層構造図のどの要素に着目して対比較を行うかの問い合わせである。ここでは、"1" が入力されている。そして確認のために[OK] のウインドウをマウスでクリックする。そうするとこの一時ウィンドウは消え、その後すぐ図2-24(1)に示す画面が表示される。下方のウィンドウには、図2-22で指定した橋梁の階層構造図(図2-20と同じもの)が表示されている。ここで親要素として指定した"1" はそれを明示するために四角形で表示され、それ以外の各要素番

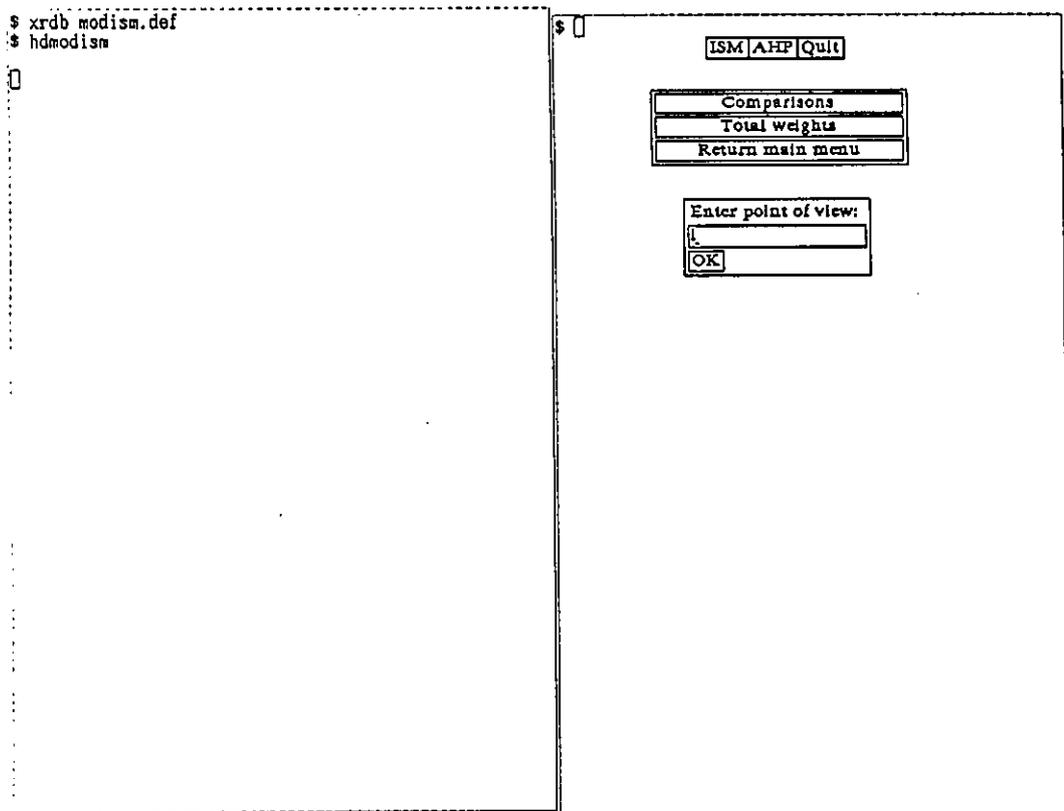


図2-23 着目要素の指定画面

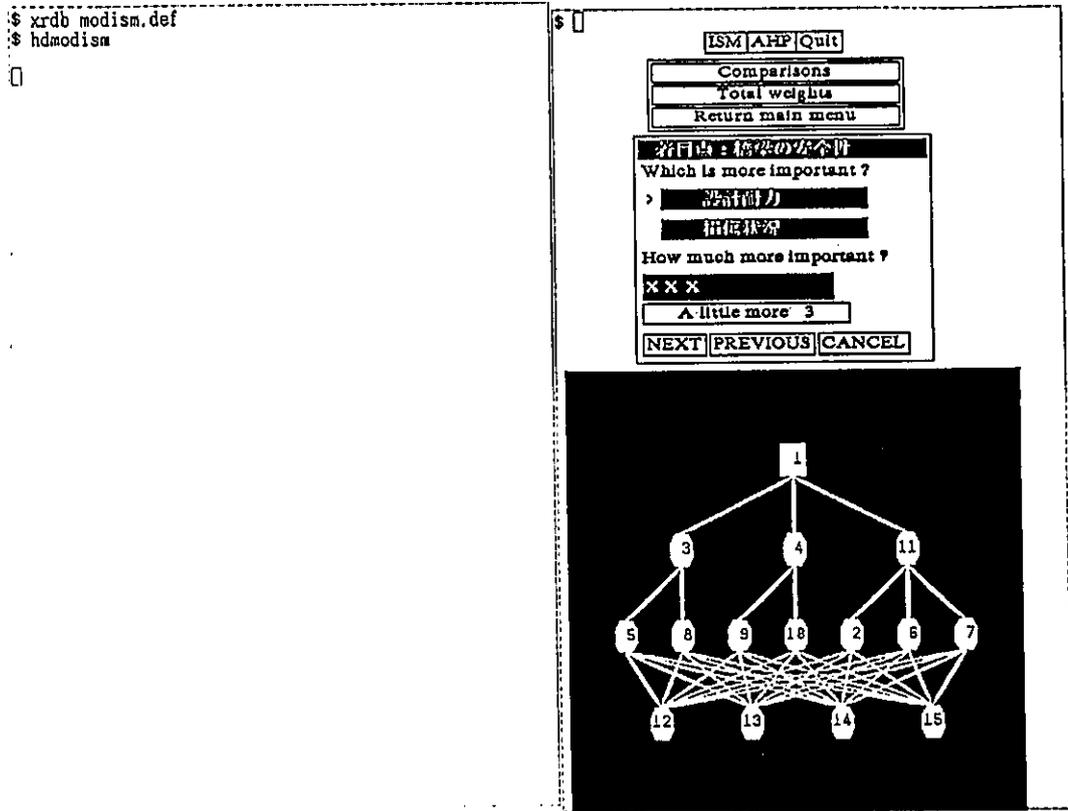


図 2-24(1) 一対比較画面 (その 1)

号は八角形で表示されている。上方のウィンドウには、一対比較画面が表示されている。着目要素が「①橋梁の安全性」であり、これに関して、2つの要素「④設計耐力」と「⑩損傷状況」の比較を求める画面が表示されている。この2要素は、一対比較の対象となる {③, ④, ⑩} からランダムに選ばれ、さらに表示の上下についても同様の処理がされている。

これに対し、主体は、「設計耐力」の方が重要であると考え、「設計耐力」のウィンドウをマウスでクリックしている。「>」の印は「設計耐力」のウィンドウの左に表示されている。次に、相対重要度を判断し、「X X X」の位置 [A little more] としていることが判る。図 2-24(2)は、次の一対比較画面で、別の2つの要素が表示されている。ここでは、「損傷状態」と「荷重状況」がほぼ同じくらい重要ではあるが、どちらかといえば「荷重状況」が重要であると判断し、表 2-3 でいう [Equal] ではあるが、一対比較値を 2 にしている。同様に、次の比較画面である図 2-24(3)でも、「設計耐力」は「荷重状況」と同じくらい重要であり [Equal] とし、一対比較値を 2 にしている。

以上の入力により、内部的には、図 2-25 のような一対比較行列が作成されている。図 2-26 では、この一対比較行列をもとに、計算された結果が左ウィ

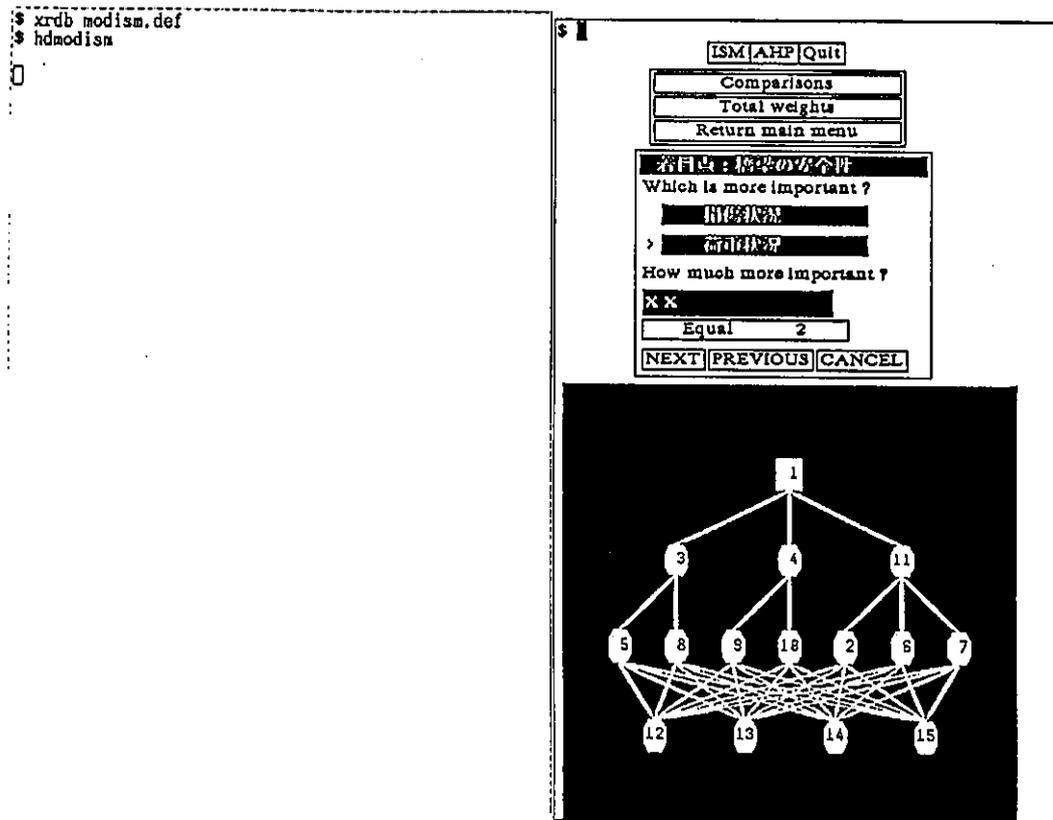


図 2 - 24 (2) 一対比較画面 (その 2)

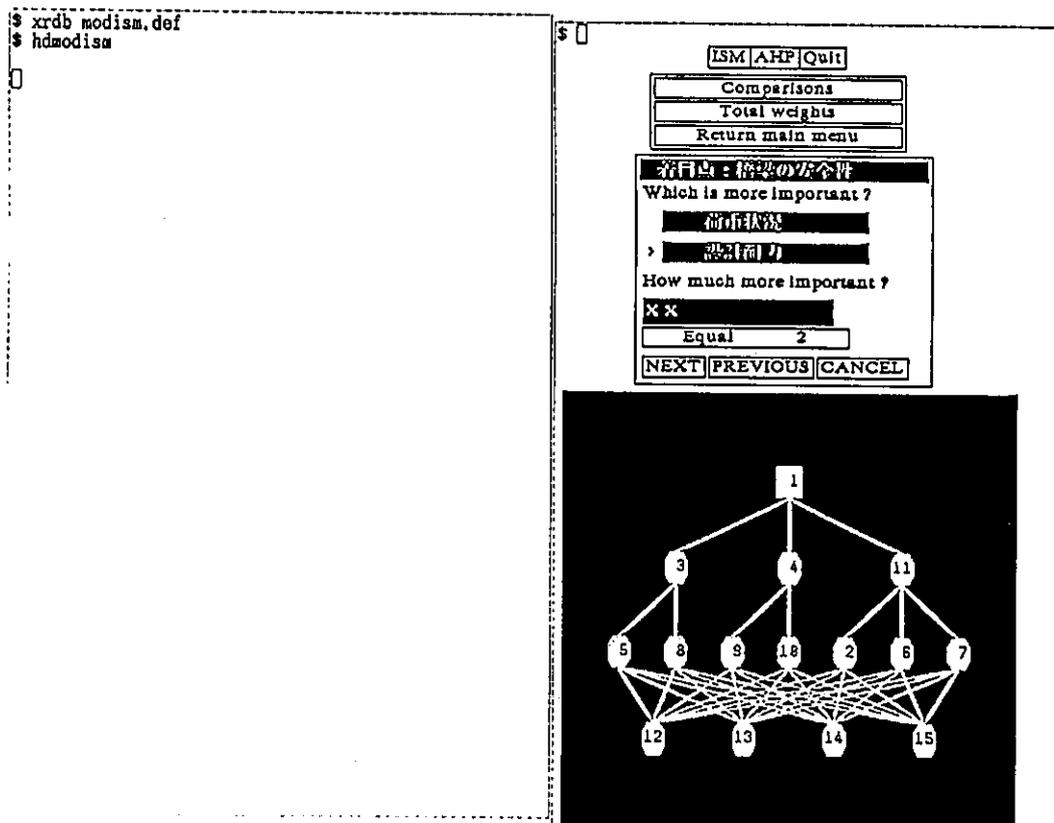


図 2 - 24 (3) 一対比較画面 (その 3)

	③	④	⑪
③荷重状況	1	1/2	2
④設計耐力	2	1	3
⑪損傷状況	1/2	1/3	1

図 2 - 25 一対比較行列

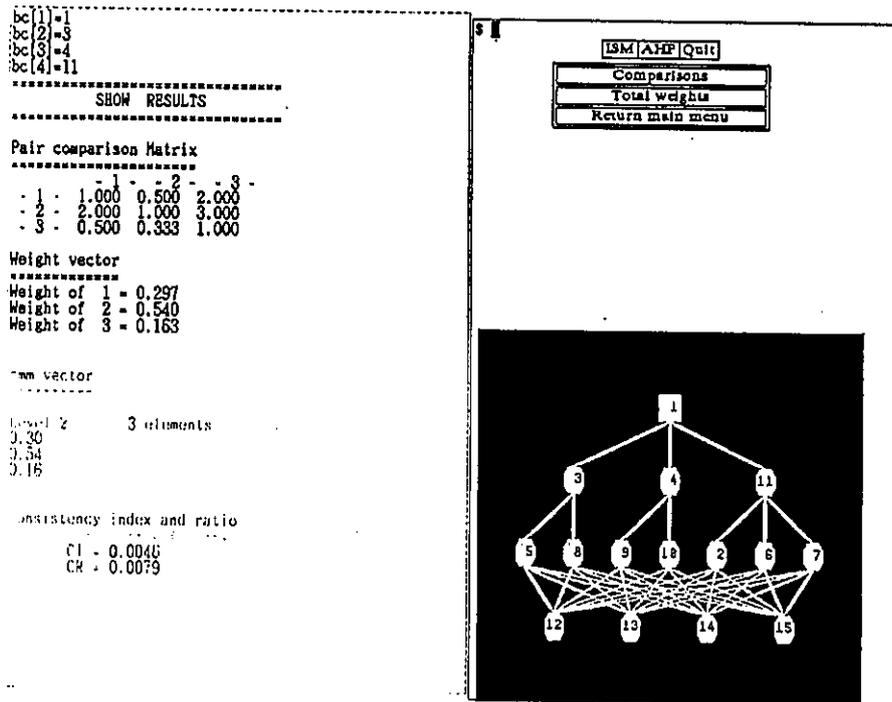


図 2 - 26 個別ウェイト, CI, CRの表示画面

ンドウに表示されている。上部では [Pair comparison Matrix] と見出しを付けて一対比較行列を表示している。この行、列の番号は、子要素の階層構造図上の左からの連番であり、この場合 1 が要素③を、2 が要素④を、3 が要素⑪を意味している。次の [Weight vector] には、求められた各要素の個別ウェイトが表示され、[cmm vector] にはレベル 1 とレベル 2 の隣接ウェイト行列が表示されている。そして [Consistency index and ratio] には、この一対比較の整合性を判断する指標である CI と CR の値が表示されている。

この結果を見て特に問題がないと判断すれば、別の親要素の指定を行い、同様の機能で、一対比較を行っていくことになる。本システムでは、一対比較が終わる毎に、その時の着目要素番号の表示色が、最初のグリーンから白に変わるようになっている。これにより、一対比較が済か未かが途中でも簡単に識別できる。

いま図2-27(1)の左ウィンドウには、要素⑩の子要素の比較結果が表示されている。これを見ると、CRの値が0.1以上と整合性が良くない。そこで再度一対比較の支援を行っているのが、この図の右ウィンドウである。どこにウィンドウを表示するかは自由に設定できるので、ここでは階層構造図を右下に持ってきて、前回の結果も参考にできるようにしている。図2-27(2)では、左ウィンドウに再比較後の結果が表示されている。さらに、図2-28(1)はレベル4の代替案の一対比較を行っている画面で、図2-28(2)ではその結果が表示されている。

以上のようにして、要素の一対比較とフィードバックを繰り返し、各レベルの要素の個別ウェイトを求め、全ての要素番号のノードの色が白になっていることを確認したうえで、図2-29に示すようにメニューの [Total weight] をマウスでクリックする。すると、システムから一時ウィンドウが作成され [Enter level number] というメッセージが表示される。これは総合ウェイトを求めるレベルの指定を促している。画面では、4と入力されている。マウスで [OK] をクリックすると、その結果、瞬時にして図2-30に示すように、左ウィンドウに指定レベルまでの総合ウェイトが表示される。ここでは、4レベルまでを指定し

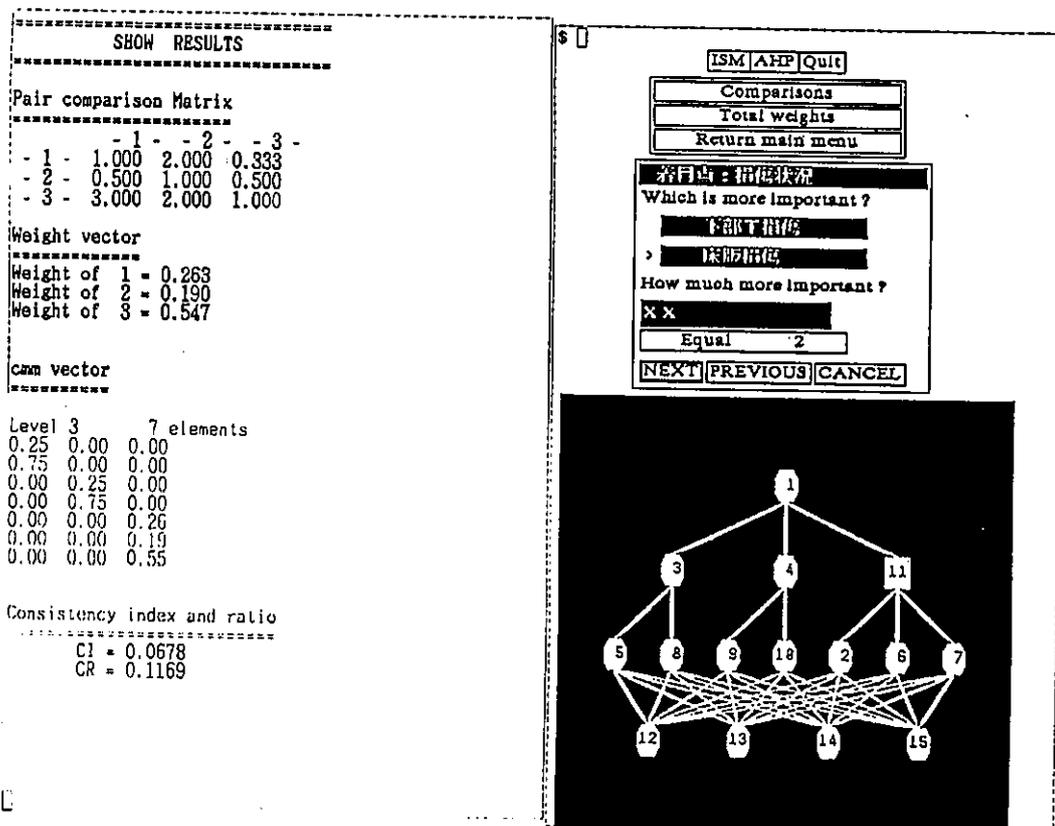


図2-27(1) 再一対比較画面

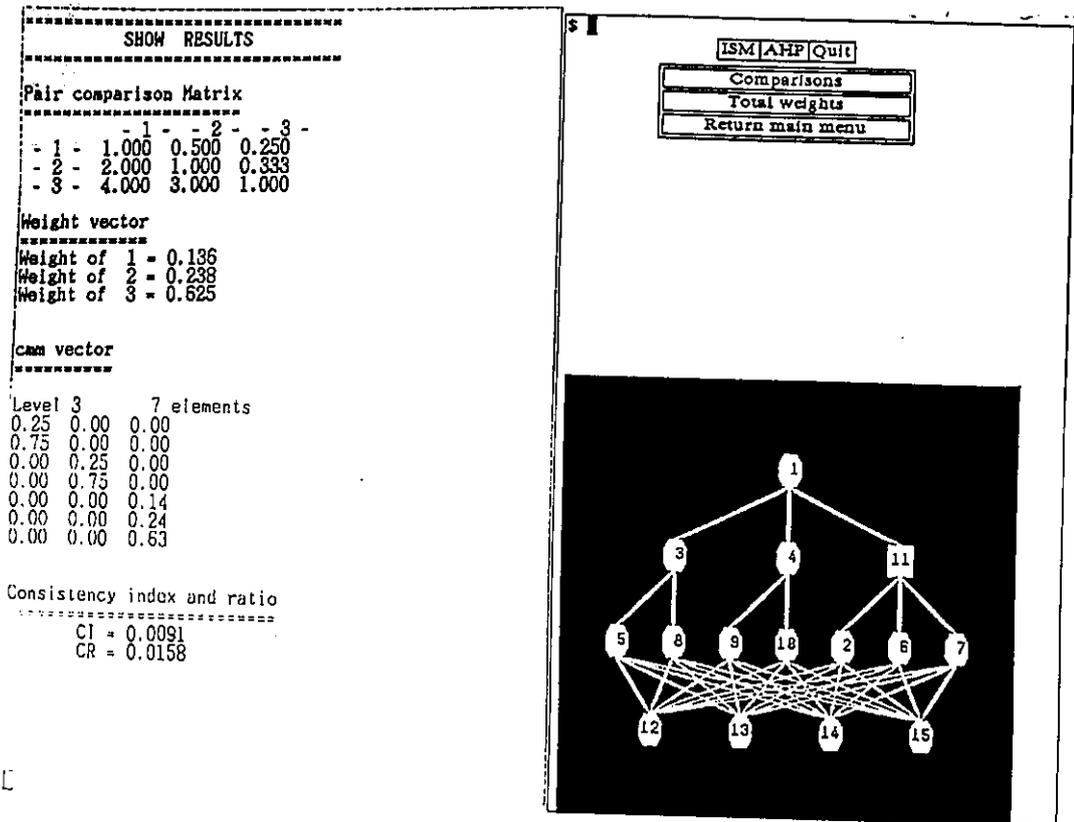


図 2-27(2) 再一対比較後の個別ウェイト, CI, CRの画面表示

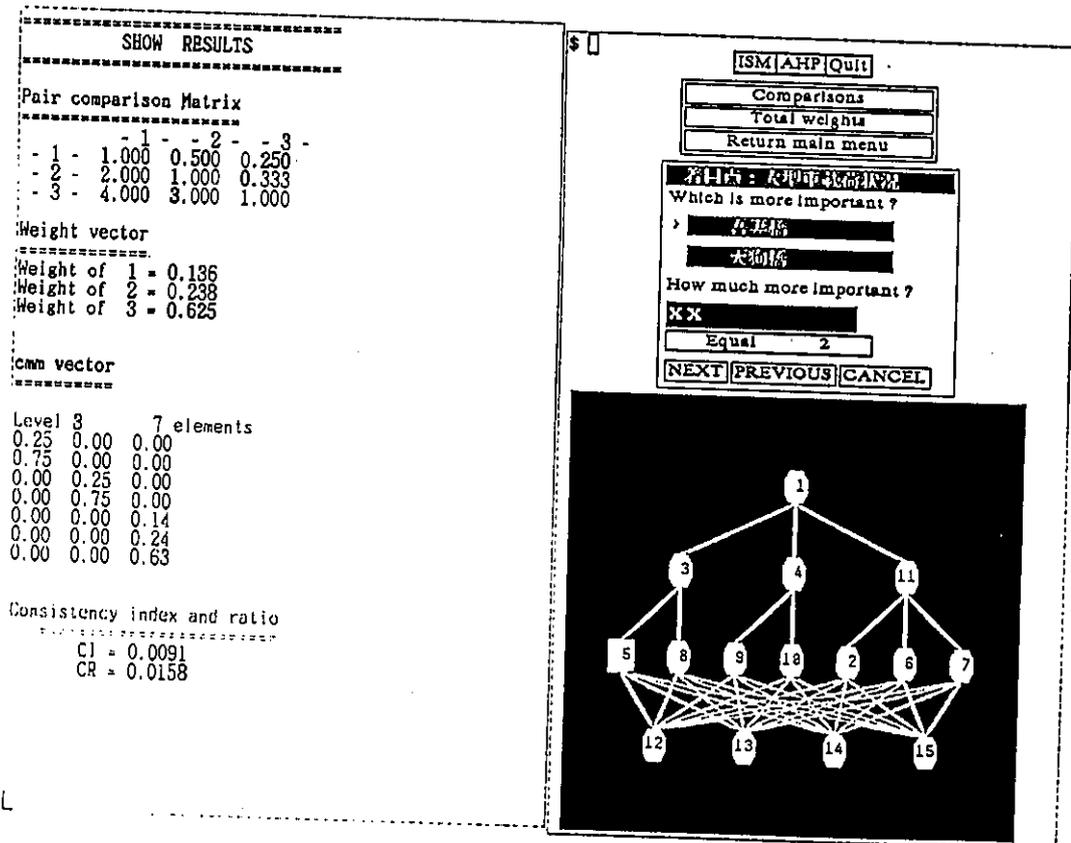


図 2-28(1) 代替案の一対比較画面

```

bc[4]=11
=====
SHOW RESULTS
=====
Pair comparison Matrix
-----
- 1 - - 1 - - 2 - - 3 - - 4 -
- 1 - 1.000 0.250 0.500 0.333
- 2 - 4.000 1.000 3.000 0.500
- 3 - 2.000 0.333 1.000 0.500
- 4 - 3.000 2.000 2.000 1.000

Weight vector
-----
Weight of 1 = 0.095
Weight of 2 = 0.338
Weight of 3 = 0.160
Weight of 4 = 0.407

cmm vector
-----
Level 4      4 elements
0.10 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
0.34 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
0.16 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
0.41 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

Consistency index and ratio
-----
CI = 0.0514
CR = 0.0571

```

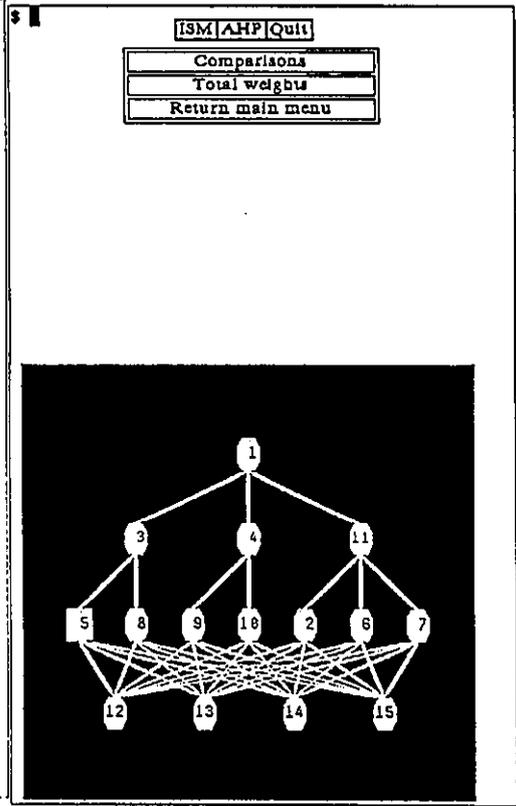


図 2-28(2) 代替案の一対比較後の個別ウェイト, CI, CRの表示画面

```

bc[4]=11
=====
SHOW RESULTS
=====
Pair comparison Matrix
-----
- 1 - - 1 - - 2 - - 3 - - 4 -
- 1 - 1.000 0.333 0.333 0.333
- 2 - 3.000 1.000 1.000 1.000
- 3 - 3.000 1.000 1.000 0.333
- 4 - 3.000 1.000 3.000 1.000

Weight vector
-----
Weight of 1 = 0.096
Weight of 2 = 0.287
Weight of 3 = 0.223
Weight of 4 = 0.394

cmm vector
-----
Level 4      4 elements
0.10 0.09 0.10 0.11 0.06 0.11 0.10
0.34 0.30 0.51 0.38 0.58 0.46 0.29
0.16 0.32 0.12 0.17 0.12 0.21 0.22
0.41 0.30 0.27 0.34 0.24 0.22 0.39

Consistency index and ratio
-----
CI = 0.0515
CR = 0.0572

```

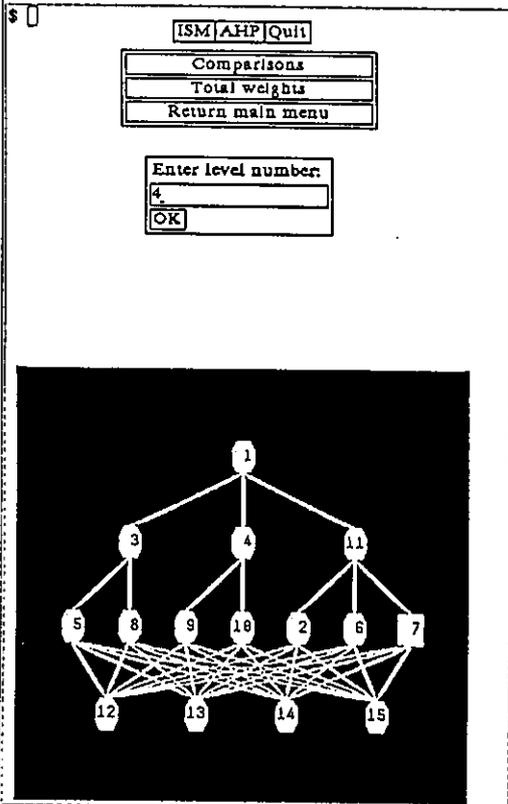


図 2-29 レベル合成指定画面

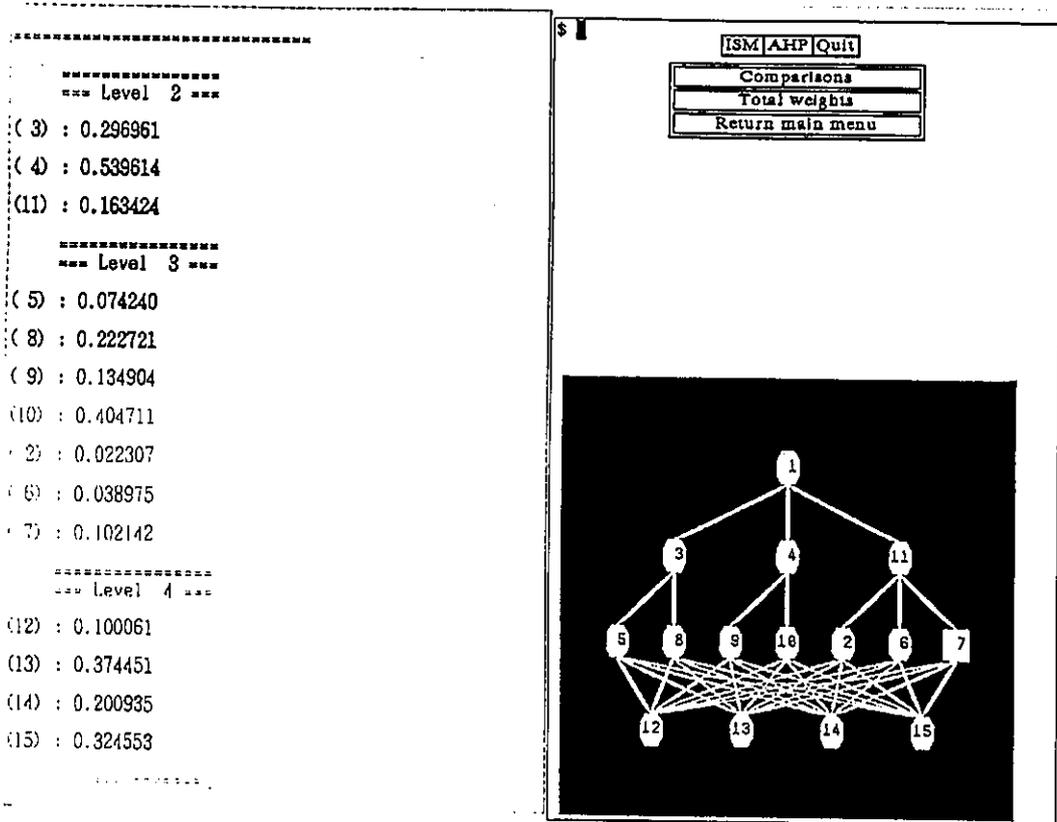


図 2-30 総合ウェイト表示画面

ているので、レベル2の要素③、④、⑪間のウェイト、そしてレベル3の要素⑤、⑧、⑨、⑩、②、⑥、⑦間のウェイト、さらにレベル4の代替案である要素⑫、⑬、⑭、⑮のウェイトが表示される。この結果を見て、納得のいくものであるなら、右ウィンドウの [Return main menu] を選択し、メインメニューの [Quit] を選択して、システムを終了させる。以上の過程で代替案評価を行う。

最後に、本研究で利用したシステムのハード構成と、使用ソフト構成について説明する。まず、本システムのハード構成は、図2-30に示すように、富士通(株)のA-60UNIXマシン1台、FMR-70を4台と、周辺入出力機器(20インチビットマップディスプレイ、レーザービームプリンタ、イメージスキャナ)が、さらにそれらを結ぶケーブルで構成されている。

ホストのA-60は、主記憶メモリーは20メガバイトで、記憶媒体としては、磁気ディスク装置と5インチ用の記憶装置があり、前者の容量330メガバイト、後者は1メガバイトである。また端末のFMR-70については、主記憶メモリーは2メガバイト、記憶媒体には、5インチ用の1メガディスクが2デッキある。さらにネットワーク仕様は、AUIケーブル、トランシーバ、軽量同軸ケ

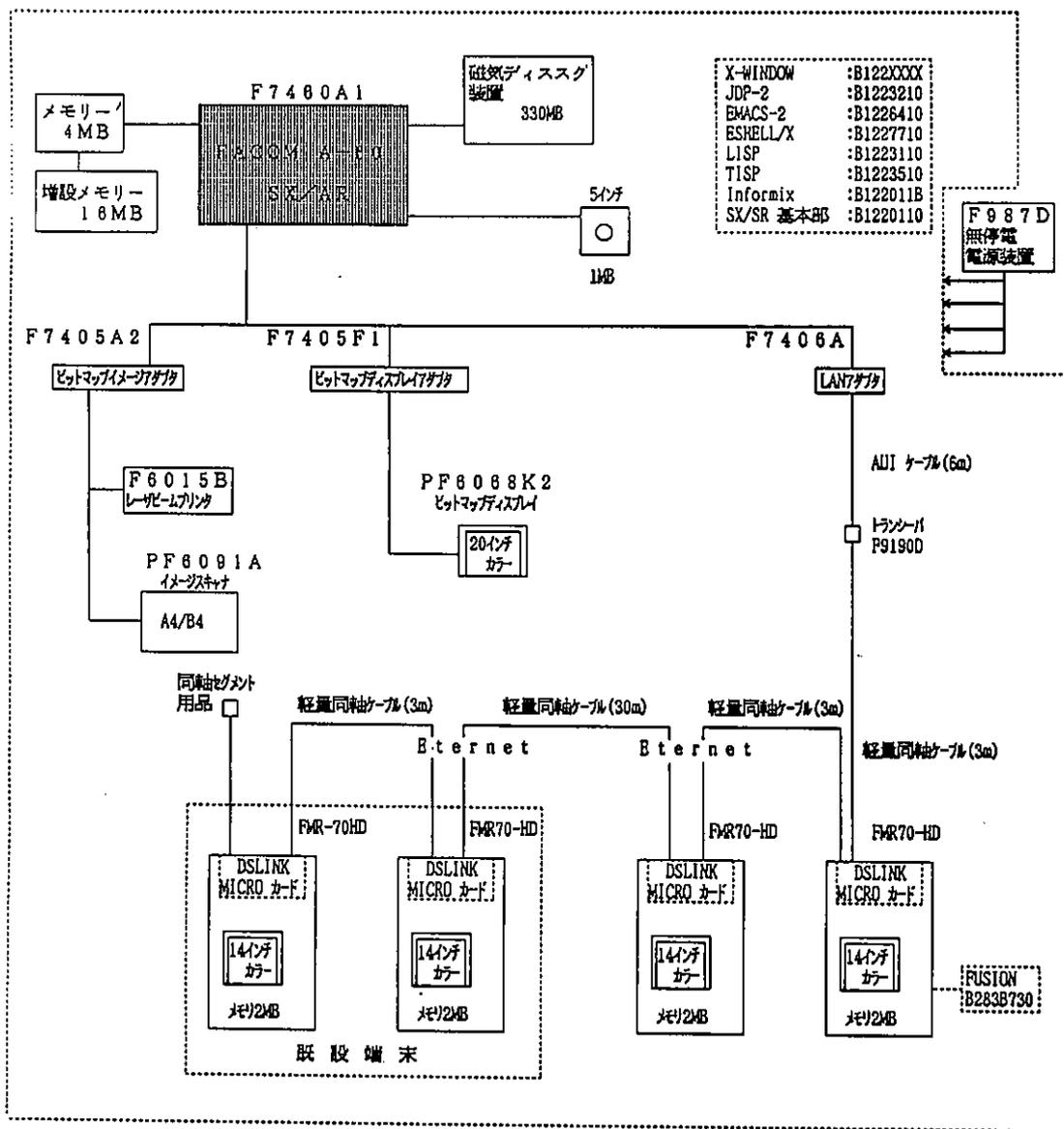


図 2-31 本システムのハード構成

ープル、DSLINK MICROカードで構成されている。

ソフトとしては、A-60側は、OSであるSX/AR基本部と、リンクのためのTISP、漢字処理のためのJDP-2を、マルチウインドウのためのXWINDOWを主に活用している。また端末のFMR-70側は、OSであるMS-DOSと、リンクのためのFUSION、マルチウインドウのためのFM-XWINDOW SYSTEM、そしてスタンドアローン使用時のためのBASIC言語を用いて、開発はホストではC言語とXWINDOW関数を用いて行い、端末への出力は、FM-XWINDOW SYSTEMを使っている。また端末側の開発形態は、リモートログインにより、ワークステーションとしてシステム開発する場合と、スタンドアローンとして、BASIC言語により開発する場合

がある。後者の場合は、データ転送により、ホストへ送り、ホストのマルチ画面で運用する。

2-4 道路整備計画における代替案評価事例

2-4-1 道路整備計画に関する階層構造図の作成

道路整備問題を明確化するのに、まず道路を整備する目的をはっきりさせる必要がある。「道路を整備する目的」言い換えれば道路を整備することで得られる効果は、表2-5のような「直接効果」と「間接効果」に大別できる。

直接効果に挙げられているもののうちほとんどは、実際の車の走行に関して得られる効果である。「走行時間の短縮」「交通事故の減少」「交通快適の増大」などといった効果は、道路通行の際の「信頼性の向上」と位置づけることができる。

次に、直接効果で挙げられている「輸送費・走行費の減少」、間接効果で挙げられている「合理化効果」、「市場圏の拡大」、「需要・供給量の増加」といった効果は、「経済的な効果」と位置づけることができ、1つの効果が他の効果に波及することから、さらに「経済的波及効果」と言い換えられる。こうして、道路整備の目的を表す要素として「信頼性の向上」と「経済的波及効果」という2つの言葉が挙げられる。

表2-5 道路整備の効果⁽¹⁾

直 接 効 果	間 接 効 果
○経済的效果 ex. 輸送費の節約 走行費の節約（走行距離の短縮、タイヤ・チューブの摩耗と車両損傷の減少など） 荷傷みの減少と梱包費の節約 ○時間的效果 ex. 走行時間の短縮 バスなどの公共交通機関の定時運行の確保 ○安全性効果 ex. 交通事故の減少 交通安全性の確保 ○快適性増大 ex. 運転手の疲労度の軽減 交通快適の増大	○生産輸送計画の合理化効果 ex. 生産規模の拡大 輸送システムの改変 在庫投資の軽減 ○工場進出、工業地帯の分散 ex. 産業の地方化 産業構造の変化 ○資源開発効果 ex. 未使用資源の開発 産業転換 ○都市人口分散効果、田園住宅地の造成 ex. 通勤時間の短縮 地方都市化 ○情報、流通経済の合理化 ex. 流通パターンの変化 ○市場圏の拡大 ex. 流通の量および質の変化 ○需要、供給量の増加 ex. 生活意識の改革

目的が明確になった次は、整備しようとしている路線のうち、どの路線がどの目的をどの程度達成しうるかの判断が必要である。それに基づいて、道路の整備順位を決定するが、その判断をするための準備として、整備対象の路線が土木事務所の管轄地域内において、こういった役割や問題点、言い換えれば特性を持っているか、またその特性にはどれだけの種類があるか、そしてどの土木事務所がどの特性をどの程度重要視しているかを知る必要がある。石川県内の各土木事務所では、「管内道路整備計画（中期ビジョン）報告書」¹⁴（以下「カルテ」と記す）において、キャッチフレーズ、重点施策、整備対象各路線をこの順番で階層構造的に分類して記載している。その表現は土木事務所ごとに様々であるが、それを見ることで土木事務所が重要視する道路特性をつかむことが可能であり、またその内容を検討することで道路特性もいくつかの形に分類できると考えられる。そこで各土木事務所が定めた道路整備に関するキャッチフレーズ、重点施策の分析・分類を行った。

まず、キャッチフレーズのほうは、どんな道路特性を重要視しようとしているのか理解しやすいものと、理解しづらいものがある。それぞれ、

理解しやすい例

七尾土木事務所：七尾周辺と金沢、中部圏との連絡強化を図る道づくり
金沢土木事務所：金沢文化圏との交流促進を図る道路ネットワークの整備



「ネットワーク」「幹線道路とのアクセス」といった道路特性を重視していると読み取れる。

理解しづらい例

輪島土木事務所：ゆたかな自然を生かしたゆとりある奥能登紀行の道づくり
大聖寺土木事務所：加賀温泉郷、ゆとりと魅力ある夢空間整備

のような例が挙げられ、各土木事務所のキャッチフレーズから道路特性を分析・分類するのは無理であると判断した。

次に、重点施策の分析・分類であるが、こちらは各土木事務所の管轄地域の現況も含め、どのような道路特性を重要視しようとしているかを反映する具体的な

表2-6 各土木事務所のキャッチフレーズ

土木事務所 of 名称	キャッチフレーズ	重点施策と順位
珠洲土木事務所	珠洲道路で結ぶ奥能登観光地道路網の整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 奥能登地域拠点間の幹線道路網の整備 2. 観光拠点を結ぶ周遊道路の整備 3. 潤のある生活利便施設等との接続道路整備 4. 珠洲道路へのアクセス強化
輪島土木事務所	ゆたかな自然を生かしゆとりある奥能登紀行の道づくり	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能越自動車道等主要幹線道路へのアクセス路線の整備 2. 観光渋滞によるボトルネックの解消 3. 奥能登の美しい海岸景観を生かしたゆとりある半島周遊道路の整備 4. 生活に密着した定住環境の活力を生み出す道路整備
七尾土木事務所	七尾周辺と金沢・中部圏との連絡強化を図る道づくり	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能越自動車道、能登有料道路へのアクセス 2. 主要幹線へのアクセス強化 3. 湾岸リゾート道路網整備 4. 歴史、文化の交流ネットワーク整備 5. 地区内道路の整備
羽咋土木事務所	中能登からふれあいを広げる道づくり	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有料道路と主要地へのアクセス強化 2. 隣接県との広域交流ネットワークの形成 3. 観光客に快適でゆとりの生まれる道づくり 4. 地域振興プロジェクトの支援
津幡土木事務所	ハイテク企業と余暇施設を結ぶ河北産業道路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河北産業道路の整備 2. 能登有料道路及び国道8号、159号へのアクセス強化 3. 地域振興プロジェクトへの支援道路整備 4. 広域交流ネットワークの強化 5. 過疎対策解消及び災害緊急連絡路の確保
金沢土木事務所	金沢文化圏との交流促進を図る道路ネットワークの整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能登有料、高速道路、国道8号、外環状のアクセス強化 2. 開発プロジェクト支援の道路整備 3. 近郊都市間の広域アクセス強化 4. 観光都市金沢の交通渋滞緩和を図る道路整備 5. 地域活性化の振興を図る道路整備
鶴来土木事務所	「四季の移ろい」白山麓ふれあいの道づくり	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主要観光拠点（スキー場等）へのアクセス強化 2. 休日交通ボトルネックの解消 3. 霊峰白山へのアプローチ整備 4. 主要幹線軸（北陸自動車道、加賀産業道路）とのアクセス強化
小松土木事務所	小松空港・・・ハイテクロードの整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空港連絡道路の整備促進 2. 主要幹線道路へのアクセス強化 3. 魅力ある加賀回廊道路の整備 4. 南部連絡道路の整備促進
大聖寺土木事務所	加賀温泉郷、ゆとりと魅力ある夢空間整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高速道路及び国道8号へのアクセス強化 2. 観光施設周遊ルートの強化 3. 地場産業施設へのアクセス強化

表現が多く、理解しやすい。合計38個の重点施策の表す内容を分析した結果、分類は次のように行った（表2-7）。

この中で「⑥地域活性化対策」は、「道路特性」を表すというよりはむしろ「道路整備の目的」ととらえるほうが適切であり、またそれを1つのプロジェクトとしてとらえられる場合は、「④プロジェクト支援」に集約できる。「地域活性化」の主だった内容とは、「過疎化の抑制」や、町おこし・村おこしといった言葉でよく表現される「地域産業の振興」、「観光客・各種施設の利用客の増加」を目的としたものであり、この内容は「経済的波及効果」の一部ととらえられる。しかし、土木事務所の重点施策の表現の仕方を考えると、道路整備の大きな目的の1つととらえられるため、道路特性からは除外し、「定住化促進・集客性」という表現で別項目として「道路整備の目的」に付け加えることにした。

「道路特性」の分類ができたので、今度は「特性の定義」を行う。特性の定義を細かく行うことで、整備の対象となっている路線が、どの道路特性に該当するかが判断しやすくなる。

まず「①幹線整備」という道路特性を定義する要素を考える。幹線とは、一定水準以上の「高規格道路設計」がなされ、また一定量以上の「交通需要量」があり、「主要都市間連絡」や「広域ネットワーク」の役割を果たしているものと考

表2-7 道路特性の分類と重点施策の該当例

「道路特性」の分類	該当する重点施策の例
①幹線整備	奥能登地域拠点間の幹線道路網の整備（珠洲） 河北産業道路の整備（津幡）
②ネットワーク整備	観光拠点を結ぶ周遊道路の整備（珠洲） 湾岸リゾート道路網整備（七尾） 隣接県との広域交流ネットワークの形成（羽咋） 魅力ある加賀回廊道路の整備（小松）
③アクセス強化	能越自動車道、能登有料道路へのアクセス（七尾） 主要観光拠点（スキー場等）へのアクセス強化（鶴来） 空港連絡道路の整備促進（小松） 高速道路及び国道8号へのアクセス強化（大聖寺）
④プロジェクト支援	地域振興プロジェクトの支援（羽咋） 地域振興プロジェクトへの支援道路整備（津幡） 開発プロジェクト支援の道路整備（金沢）
⑤ボトルネック解消	観光渋滞によるボトルネックの解消（輪島） 観光都市金沢の交通渋滞緩和を図る道路整備（金沢） 休日交通ボトルネックの解消（鶴来）
⑥地域活性化対策	生活に密着した定住環境の活力を生み出す道路整備（輪島） 過疎対策解消及び災害緊急連絡路の確保（津幡） 地域活性化の振興を図る道路整備（金沢）

えられる。

次に、「②ネットワーク整備」という道路特性を定義する要素を考える。道路のネットワークにより結ばれるものは、「都市（商業）地域」、「産業（工業）地域」、「観光拠点」、「文化・リゾート施設」、「港湾」、「幹線道路」、「空港・ターミナル」である。

同様に、「③アクセス強化」「④プロジェクト支援」「⑤ボトルネック解消」の道路特性を定義する要素を考える。アクセスの対象となるものは、「都市（商業）地域」、「産業（工業）地域」、「観光拠点」、「文化・リゾート施設」、「港湾」、「上級幹線道路」、「空港・ターミナル」である。またプロジェクトの内容は「学園都市建設（移転）」、「過疎・地域活性化対策」、「住宅・工業団地造成」、「文化・リゾート施設建設」、「空港・ターミナル建設」である。さらに、ボトルネックの原因となるものは、「災害対策」上の理由により、道路通行が規制されたり、「交通安全」の問題上、事故が発生したり、週末・休日・シーズンといった特定の時だけ生ずる「一時的渋滞」か恒常的に生ずる「定期的渋滞」である。

これで各道路特性ごとにその定義づけが行われたが、「②ネットワーク整備」と「③アクセス強化」は、特性の定義づけがほぼ全て同じため、1つに集約し「ネット・アクセス強化」とした。

このようにして、道路整備問題を明確化するための様々な要素が抽出できたので、2-2で示した流れに沿って、階層構造図が作成できる。階層構造図の作成の際には、全要素にランダムに番号を付け直した（表2-8）。

表2-8 要素一覧表

番号	要素名	番号	要素名
1	道路整備方針	15	交通需要量
2	空港・ターミナル	16	文化・リゾート施設
3	ボトルネック解消	17	信頼性向上
4	都市（商業）地域	18	災害対策
5	学園都市建設（移転）	19	プロジェクト支援
6	過疎・地域活性化対策	20	主要都市間連絡
7	経済的波及効果	21	港湾
8	定期的渋滞	22	文化・リゾート施設建設
9	幹線整備	23	高規格道路設計
10	観光拠点	24	定住化促進・集客性
11	広域ネットワーク	25	上級幹線道路
12	産業（工業）地域	26	空港・ターミナル建設
13	住宅・工業団地造成	27	ネット・アクセス強化
14	一時的渋滞	28	交通安全

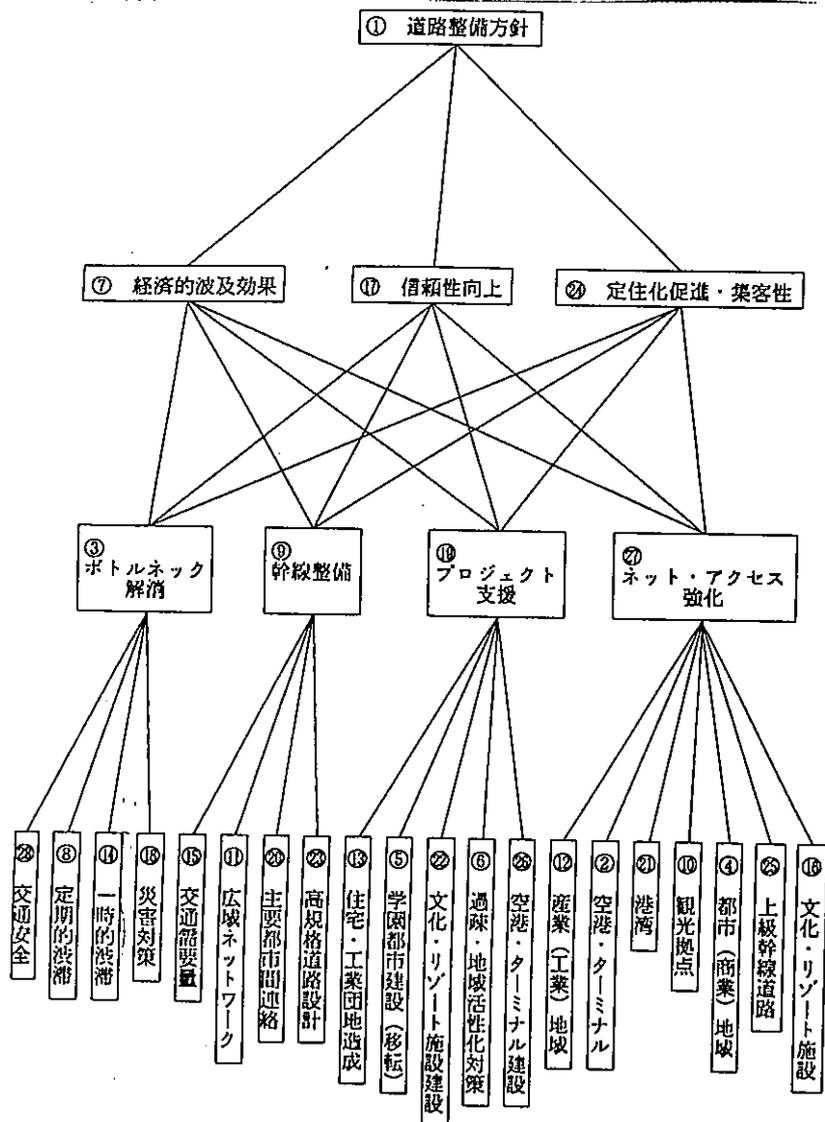


図 2 - 32 階層構造図

要素番号	要素名
1	道路整備方針
2	空港、ターミナル
3	ボトルネック解消
4	都市(商業)地域
5	学園都市建設(移転)
6	過疎・地域活性化対策
7	経済的波及効果
8	定期的渋滞
9	幹線整備
10	観光拠点
11	広域ネットワーク
12	産業(工業)地域
13	住宅・工業団地造成
14	一時的渋滞
15	交通需要量
16	文化・リゾート施設
17	信頼性向上
18	災害対策
19	プロジェクト支援
20	主要都市間道路
21	港湾
22	文化・リゾート施設建設
23	高規格道路設計
24	定住化促進・集客性
25	上級幹線道路
26	空港、ターミナル建設
27	ネット、アクセス強化
28	交通安全

図 2 - 33 階層構造図と全要素名の画面表示

2-4-2 ウェイト値、ランク値と評価点数の算出

すでに道路整備問題についての階層構造図が作成できたので、これに基づいて土木事務所の道路整備代替案の評価を行う。実際の評価は次項で行うが、石川県内の9つの土木事務所のうち、ここでは鶴来土木事務所を選び、その道路整備代替案を評価の対象とした。

評価を行うにあたって、階層構造図の各レベルごとの要素について相対重要度係数（以下「ウェイト」と記す）を求めなければならない。鶴来土木事務所の管轄地域は、鶴来町、河内村、鳥越村、吉野谷村、尾口村、白峰村のいわゆる白山麓1町5村である。この地域は、山間部で特別な産業がなく、過疎化が問題になっている。また、冬には積雪が多く、温泉やスキー場といった施設を設け、そこから得られる観光収入に主に依存しているといった実状である。過疎化問題を解決し、なおかつ観光地や温泉、スキー場などの各種施設の利用客を増加させるのが目的であるといえるから、第2レベル「道路整備の目的」の3つの要素の中で、「⑳定住化促進・集客性」を特に重視していると考えられる。残る2つの「㉑経済的波及効果」、「㉒信頼性向上」に関しては、どちらがどれだけ重要かは判断が難しいが、少なくとも沿線に温泉やスキー場といった施設を持つ道路が、その道路を通行する際の信頼性に著しく欠けるとは考え難く、したがって道路通行における信頼性の向上よりは道路整備により波及する経済的な効果のほうがこの地域にしてみれば重要である、と考えた。

第3レベルの要素のウェイト値も、同様に対象としている地域の実状を十分考慮のうえウェイト値に反映させる必要がある。鶴来土木事務所の定めた4つの重点施策の表現とその順位からは、「㉓ネット・アクセス強化」が最も重要であると判断される。つぎに重要であるのは、「㉔ボトルネック解消」であると考えた。都市部のような日常的な渋滞は、鶴来土木事務所の管轄地域ではほとんど見られないものの、週末や休日といった特定の時、なかでもスキーシーズンの休日は渋滞が発生し、ボトルネックとなるところがいくつか存在する。「道路の幅員が狭い」、「線形が悪い」、「勾配がきつい」といった理由で事故が多発する原因となり、ボトルネックとして挙げられるところも多い。管轄地域のほとんどが山間部であるという鶴来土木事務所の特徴をよく表していると言える。残る2つの要

素「⑨幹線整備」、「⑱プロジェクト支援」については、以下のように考えた。
 鶴来土木事務所の管轄地域内で「幹線整備」という道路特性を持った路線は少ない。逆にいえば、鶴来土木事務所の管轄地域内で「幹線道路」と位置づけられている数少ない路線は、ひとつおりの整備は済んでおり、幹線整備という道路特性は、それほど重要視していないと考えた。以上で述べたことをふまえて、第1レベル、第2レベルの各要素を親要素とした一対比較を表2-9に、その一対比較の結果求められた第2レベル、第3レベルの各要素のウェイト値を表2-10に示す。

表2-9 一対比較行列

(1) 第1レベル（①道路整備方針）を親要素とした一対比較行列

①道路整備方針	⑦	⑱	㉔
⑦経済的波及効果	1	3	1/3
⑱信頼性向上	1/3	1	1/5
㉔定住化促進・集客性	3	5	1

(2) 第2レベル（⑦経済的波及効果、⑱信頼性向上、㉔定住化促進・集客性）を親要素とした一対比較

⑦経済的波及効果	③	⑨	⑱	㉔	⑱信頼性向上	③	⑨	⑱	㉔
③ボトルネック解消	1	4	2	1/3	③ボトルネック解消	1	3	5	1/3
⑨幹線整備	1/4	1	1/3	1/7	⑨幹線整備	1/3	1	1	1/5
⑱プロジェクト支援	1/2	3	1	1/3	⑱プロジェクト支援	1/5	1	1	1/5
㉔ネット・アクセス強化	3	7	3	1	㉔ネット・アクセス強化	3	5	5	1
㉔定住化促進・集客性	⑤	⑨	⑱	㉔					
⑤ボトルネック解消	1	3	3	1/3					
⑨幹線整備	1/3	1	1/3	1/5					
⑱プロジェクト支援	1/3	3	1	1/3					
㉔ネット・アクセス強化	3	5	3	1					

表2-10 一対比較結果

第1レベル要素	①道路整備方針					
第2レベル要素	⑦経済的波及効果		⑱信頼性向上		㉔定住化促進・集客性	
ウェイト値	0.2583		0.1047		0.6370	
第3レベル要素	③ボトルネック解消	⑨幹線整備	⑱プロジェクト支援	㉔ネット・アクセス強化		
ウェイト値	0.2610	0.0735	0.1480	0.5195		

このウェイト値に基づいて、道路整備の代替案の評価を点数に置き換えて行い、順位を決定する。点数への置き換えは、各代替案が階層構造図の第4レベル「

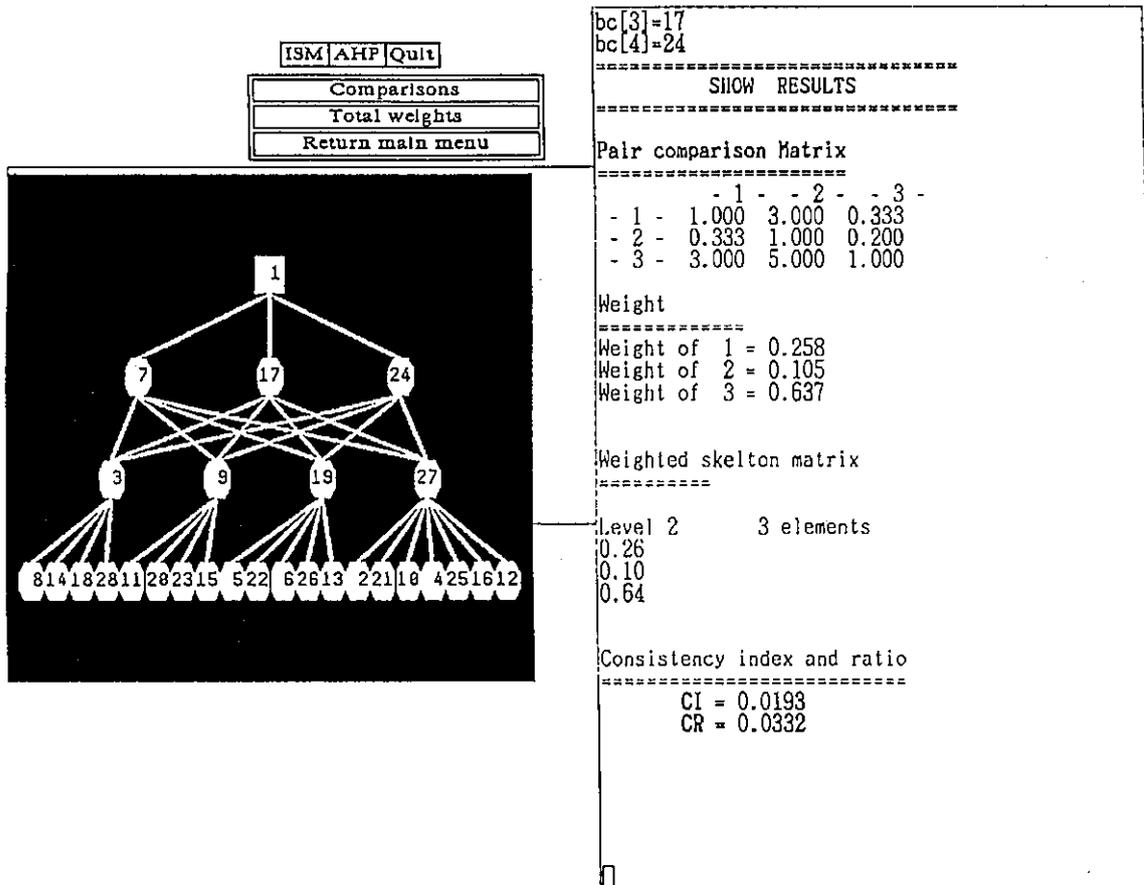


図 2-34(1) 第 1 レベル要素を親要素とした一対比較表示画面

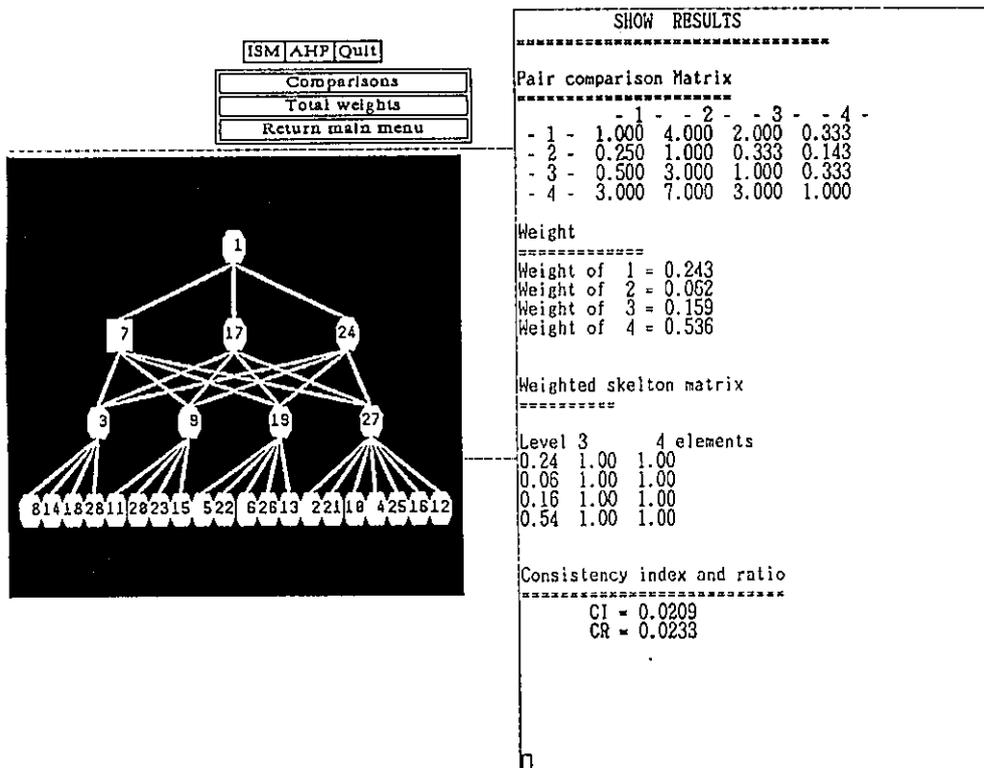


図 2-34(2) 第 2 レベル要素 (⑦経済的波及効果) を親要素とした一対比較表示画面

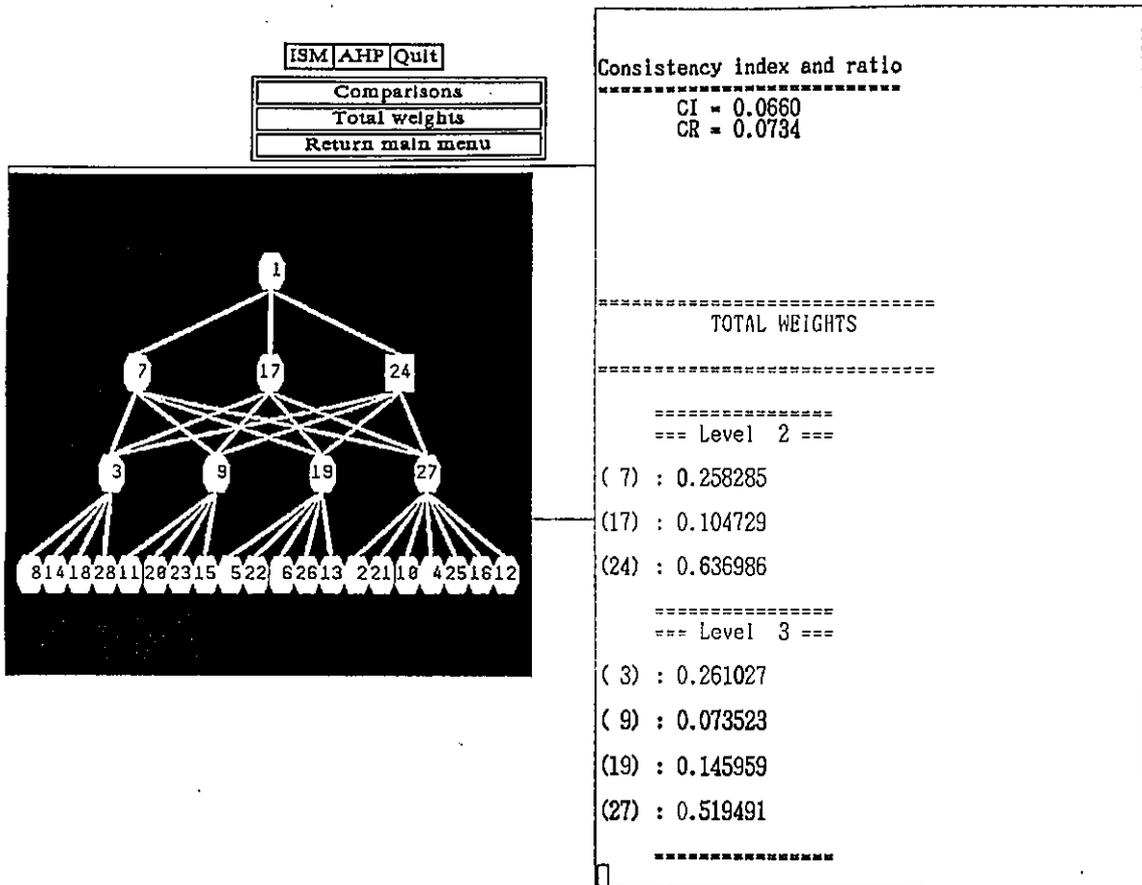


図 2-34(3) 階層構造図と総合ウェイト表示画面

特性の定義」のどの要素に該当するかにより行う。その際、第 4 レベルの各要素ごとにウェイト値を求め、該当する要素のウェイト値を合計して評価点数を求めるという方法もあるが、ここでは道路特性への該当度を示す基準（ランク）を設け、それにウェイト値を掛け合わせて評価点数を求める方法を採用した。具体的には、第 3 レベルの各「道路特性」ごとにそれに属する第 4 レベルの該当要素が 2 つ以上あればランクを 2 とし、該当が 1 つならばランク 1、該当する要素がなければランク 0 としている。そして、第 3 レベルの 4 つの道路特性の、それぞれのウェイト値にそれぞれのランク値を掛け合わせ、その結果を合計することで「その代替案の点数」としている（表 2-11）。この点数の大小によって道路整備の優先順位を決定する。「ランク値」という方法を採用し、第 4 レベルでも各要素のウェイト値を求める方法をとらなかったのは、階層構造図第 4 レベルの要素数が 20 もあり、これだけの要素間の重要度の違いの判断を的確に行い、的確なウェイトをつけるのは困難だと判断したからである。

また、第 4 レベルの該当要素が 2 つ以上の場合、ランク値を一律 "2" とするようにしたのは、特性を定義する要素を 4 つしか持たない道路特性があることと、"3" 以上のランク値を認めると、特性を定義する要素の数が単に多い方

2-4-3 代替案の評価結果

前項で、第2レベル・第3レベルの各要素のウェイト値と各代替案の道路特性ごとのランク値が求まったので、評価点数の一覧および順位の一覧を表2-13に示す。また、この結果を地図上で表したものを図2-35で示す。

表2-13 評価結果

路線名	代替案番号	工区名	①ボトルネック解消		②幹線整備		③プロジェクト支援		④ネット・アクセス強化		Σ点数	整備優先順位
			ランク値	ランク値×ウェイト値(0.2610)	ランク値	ランク値×ウェイト値(0.0735)	ランク値	ランク値×ウェイト値(0.1460)	ランク値	ランク値×ウェイト値(0.5195)		
国道157号線	1	上吉野	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.4470	10
	31	中島	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.4470	10
	32	佐良	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.4470	10
	33	白峰村平岩**	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.4470	10
国道360号線**	36	瀬戸	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390	1.5930	5
	37	東荒谷	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390	1.5930	5
	38	釜谷橋	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390	1.5930	5
	39	目付谷橋	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390	1.5930	5
主要地方道 白山公園	2	河内谷～風嵐	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
	40	根倉～宮谷	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
	41	三ツ谷～赤岩	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
	42	白峰村～ノ瀬**	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
主要地方道 小松・鳥越・鶴来	43	中飯場～別当出合**	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
	3	三ツ瀬	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
	4	三ツ瀬橋	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
	44	新広瀬大橋	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.3735	14
	45	三坂～下野	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.6345	2
	46	別宮	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.6345	2
	47	別宮出	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
県道 道法寺・源兵衛島・美川	48	左隣～渡津	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
	49	数瀬	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
	5	行町～七原	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.3735	14
一般国道 白川・小松・松鶴・来来屋水滝	54	七原～道法寺	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.3735	14
	34	尾浜～中宮	1	0.2610	1	0.0735	1	0.1460	2	1.0390	1.5195	9
	35	天狗橋	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.3735	14
	50	小柳	2	0.5220	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.7080	1
	51	阿手～五十谷	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	1.6345	2
	52	河原山～東二口	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	0	0.0000	0.5955	29
一般国道 阿木内	53	金間	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23

注) *1~*3は表2-12(P49)を参照。

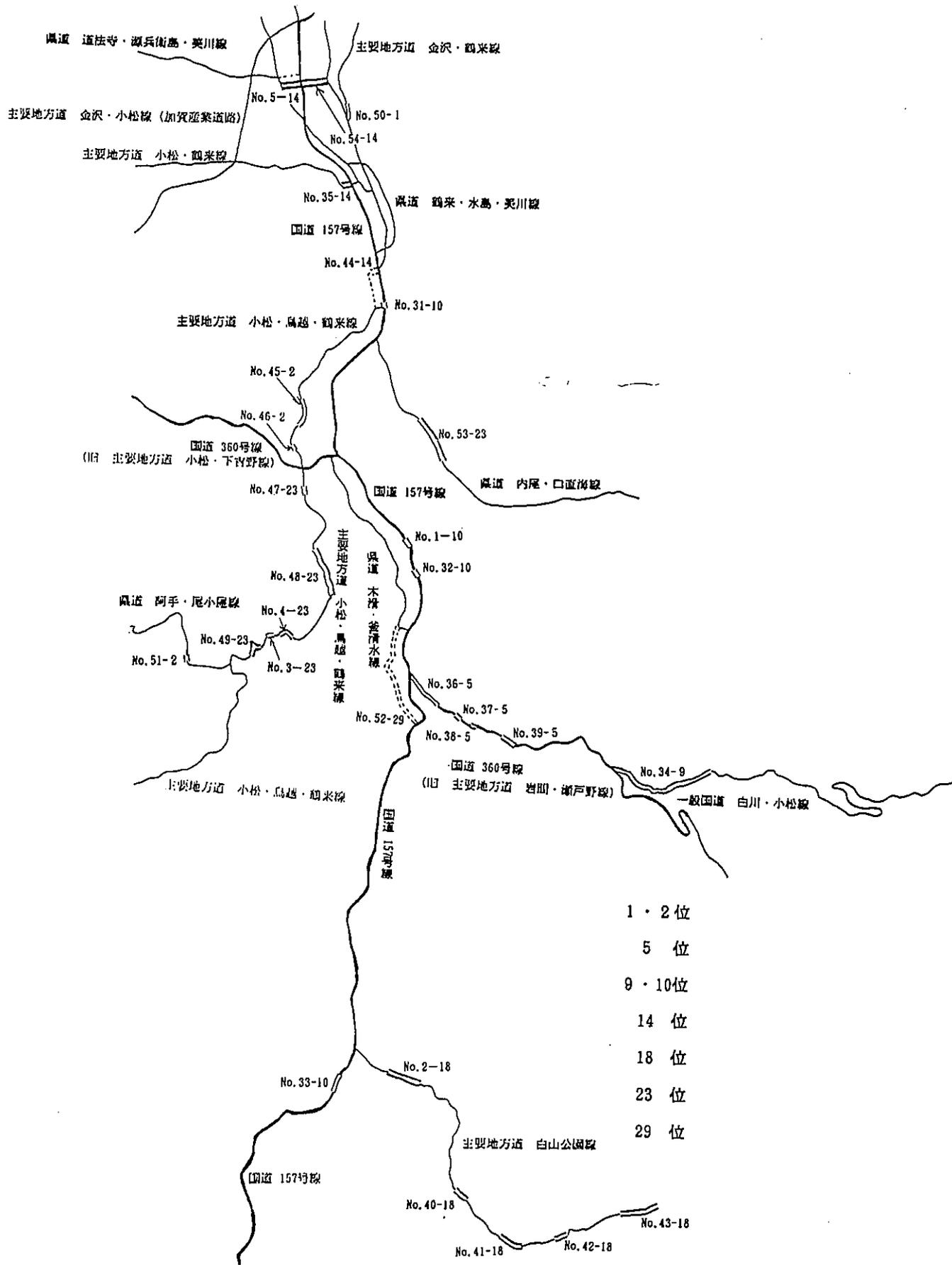


図 2-35 AHP法による道路整備代替案整備順位

第3章 橋梁の維持管理計画の支援システムの研究

3-1 橋梁の維持管理計画の特徴と専門家の役割

河川は、地域の交通上のネックであると同時に、地域に独特なアクセントをも与えるものであり、そこに架かる橋梁は、道路網のキー要素であるとともに、地域のシンボルという面をも有している。この橋梁の多くが、現在、老朽化や環境条件の変化によって、どの地域においても、補修や改修の時期に差し掛かっている。実際、全国で、橋長が15m以上の橋梁の数は4万程度あるが、昭和30年以前に架設された橋が、約25%あり、少なくともこれらは補修や改修の必要な時期にある。それ以外にも、上述したような理由で、積極的な補修や改修といった維持管理計画構想の対象となる橋梁も多い。

これらの維持管理計画を、限られた予算内で、しかも地域の独自性を生かした形で計画する能力が、やはり地方に求められる。それには、専門家の適切な活用と、有効な支援システムの開発が必要となる。

このような課題に取り組むには、まず、橋梁の維持管理計画の特性を十分に把握しておく必要がある。いろいろな考え方があるだろうが、著者らは、次のような点を挙げる：

- ① 地域には、多くの橋梁があるだろう。社会基盤整備計画の公平性の原則からは、それらの全てが、維持管理計画の対象となることが要請される。
- ② 橋梁は、供用中の道路網のクリティカルな構成要素である。その評価法は、まず非破壊的な方法であることを前提に、多くの側面を総合的に評価するものであることが求められる。その中でも、要素としてのクリティカル性を考えると、安全性の評価が基礎となる必要がある。
- ③ 現行の制度では、予算は単年度性であり、その意味では、各橋梁の維持管理の順位評価が可能な方法が望ましい。
- ④ 地域の独自性を計画に反映するために、評価結果が地域住民にも検討可能な形で提示されるものであることが望ましい。

このような特性の下で、専門家の役割と、支援システムの要件を考察すれば、まず、①と②より、多数の橋梁の安全性の評価に、専門家の知識・経験に基づく診断力を活用するという方法が考えられる。しかし、④を考えれば、専門家の診断に単純に委ねることはできない。また、専門領域を詳しく見れば、橋梁の力学的研究者、維持管理者、あるいはコンサルタントといった違いがあり、総合評価とはいえ、評価側面も異なる可能性もあるからである。

そこで、著者らは、専門家とは、

- i) 評価すべき側面についての知識・経験を有している。

ii) それらから見た相対的順位付けの評価能力を有している。

iii) しかし、絶対的順位付け評価能力までは有してはいない。

として、図 3-1 に示すような形で、専門家の活用法と、③、④を考慮した支援システムの開発を提案する。

専門家は、i) に挙げたように、橋梁の維持管理計画に際して評価すべき側面についての知識・経験を有している。専門家の第一の活用点は、図 3-1 に示すように、この知識・経験の活用にある。これらの知識・経験は、専門家の内側にある。そのために、専門家の評価結果を検討する住民や行政官には、そのままでは見えない。また、専門家自身にも明確には把握され難い状態にある。第一の支援システムは、この知識・経験を、専門家の問題認識として外部化するものである。

この問題は、第 2 章の道路整備計画の支援システム開発の出発点と同じである。従って、この支援システムとしては、第 2 章で述べた I S M 法による認識の外部化システムがそのまま使用できることになる。

この支援システムの活用によって、専門家自身の評価に関する認識構造が、階層構造図として外部化される。それは、誰にでも見えるものであり、もし、疑問を感じたり、不十分と考えれば、それらの点を具体的に指摘し、具体的な回答を引き出すことができる。即ち、④の条件を満たすことになる。また、この階層図は、専門家自身にとっても、自己の認識の明確化にも寄与するし、他の専門家や行政官や住民との対話に際しての共通の場として、より総合的な、より地域に密着した評価構造の作成にも寄与するだろう。

橋梁は、このような階層構造図として提示された諸評価側面に対応するデータで、多元的に表現されることになる。専門家の第二の活用点は、やはり図 3-1 に示すように、この諸データの作成と、その際に必要な個別側面の評価にある。階層構造図は、直接データとしてあるものと、それらを基に評価が必要な部分との区別も明確にしてくれる。

そして、第三の活用点が、このような形で多元的に表現された橋梁の相対的順位付け評価である。

これに関しては、ii) と iii) で述べたように、専門家には相対的順位付け評価能力はあるが、例え専門家でも、絶対的順位付け評価は困難であるということを経験した支援システム開発が肝要となる。即ち、ここで必要な支援システムは、専門家の相対的評価を用いて、それらと矛盾なく全体の順位付けを行うアルゴリズムを有したものということになる。本研究では、まず、この要請に対しては、順位に関して成立する推移律を適用して、階層構造図を作成するアルゴリズムを有する I S M 法を使用し、橋梁の相対的順位評価を基に、維持管理順位図を作成する支援システムを開発する。そして、その結果の客観性を検討するため、予算内での計画順位に矛盾なく分割する方法として、判別関数法を導入した支援システムの提案を行う。

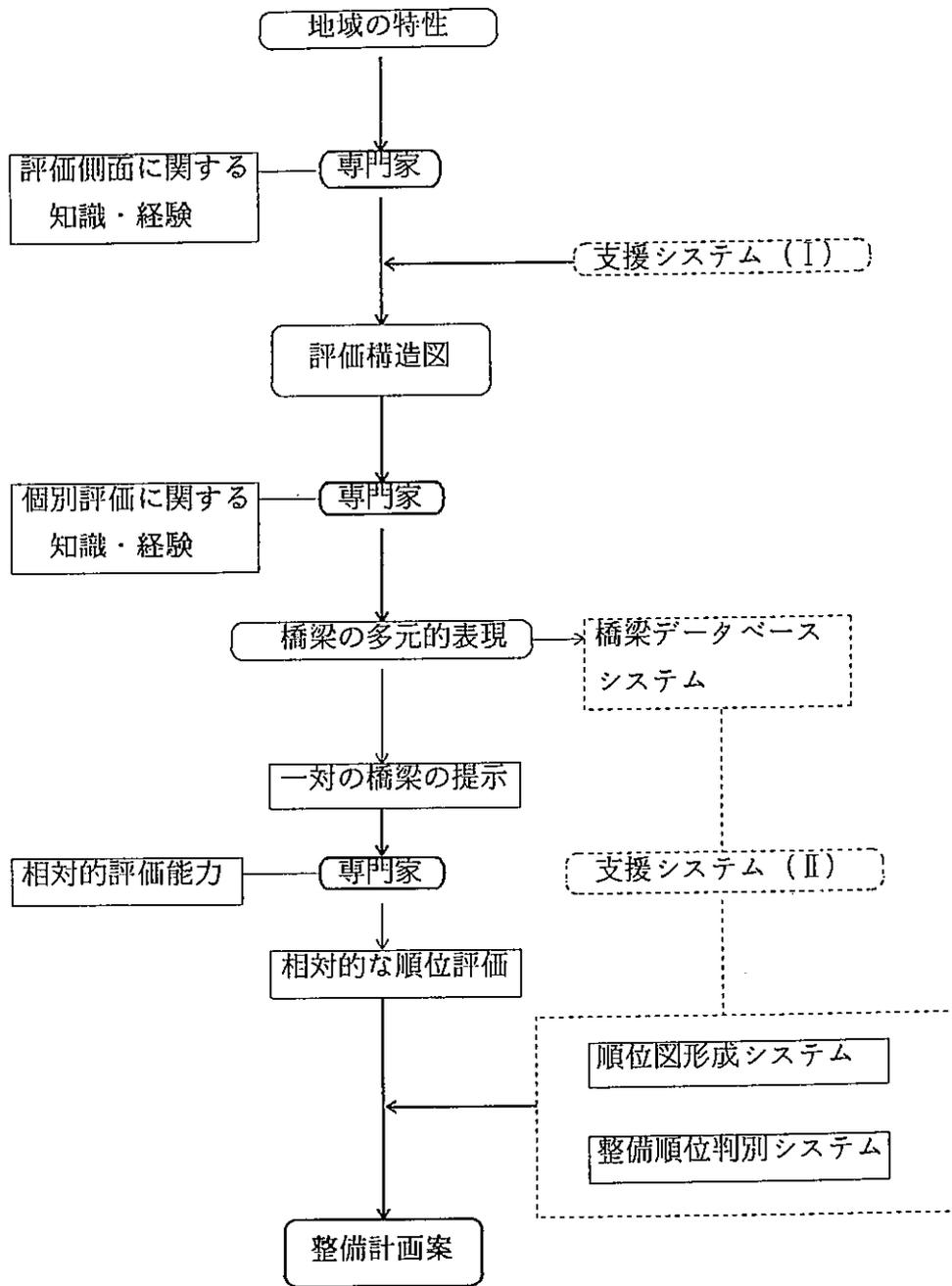


図 3-1 維持管理計画における専門家の活用と支援システムの位置付け

3-2 橋梁の維持管理順位評価の間情動的適合性増大化支援システム

3-2-1 専門家の評価構造の外部化と支援システム

図 3-1 に示したように、この計画では、専門家の評価側面に関する知識・経験の活用が、第一の課題となる。それには、専門家が、橋梁の評価に関して、どのような認識を有しているのかを検討して、専門家自身にも、また、他の主体にも分かる形で、それを外部化することが必要となる。この考え方は、どの計画においても成立するもので、第2章の道路整備計画でもそうであった。第2章では、ISM法による認識の外部化支援システムを活用したが、ここでもこの支援システムが有効となる。

この支援システムについては、2-2 で詳しく述べた。それは、専門家自身が、メニューに従ってシステムを操作し、自己の認識を階層構造図として外部化し、その批判的検討を通じて、自己の基準情報を意識化するとともに、それにより適合した自己の認識図を生成するシステムであった。ここでも、図2-1 のISM法による階層構造図作成のプロセスに従って、橋梁の維持管理に関する要素の抽出、その間の関係の識別を、この支援システムの下で実施することによって、専門家の評価に関する認識を階層構造図として外部化することが可能となる。本項では、図 2-2 のプロセス、図 2-7 のメニューに従って、この支援システムを適用し、専門家の評価構造を外部化した結果のみを示す。

まず、図 3-2 に、専門家が、橋梁の維持管理評価に関連する要素について、ブレンストーミングを行い、抽出した要素の一覧表（右ウインドウ）と、それらの要素間の一対比較の画面（中央ウインドウ）を示す。ここでは、34個の要素がリストアップされている。次に、これらの要素間の一対比較の結果である関係データ行列を、図 3-3 に示す。この関係データ行列が、ISM法の基本アルゴリズムと交差改善アルゴリズムによって、階層構造図に変換される。その結果が、図 3-4 である。即ち、この階層構造図が、専門家の橋梁評価に際しての認識構造を示すものとなる。

この認識図が得られるまでには、要素間の関係の見直し、要素そのものの見直しが、何度も行われている。この検討・見直しプロセスを容易にするのも、支援システムに課せられた重要な役割である。そのような機能を持つ支援システムの活用によって、十分な見直しが可能となり、専門家の知識・経験により合致した評価構造図が求まることになる。

図 3-4 の階層構造図は、レベル1には評価課題が、レベル2には評価側面が、レベル3にはその評価側面の規定要因が並び、その規定要因の個別評価に必要なデータ項目がレベル4、5に表れている、と解釈することができる。即ち、橋梁の維持管理計画の順位評価の基礎となる安全性評価は、

- (9) 橋梁自体の設計耐力
- (8) 実際の荷重状況
- (26) 橋梁の損傷状況

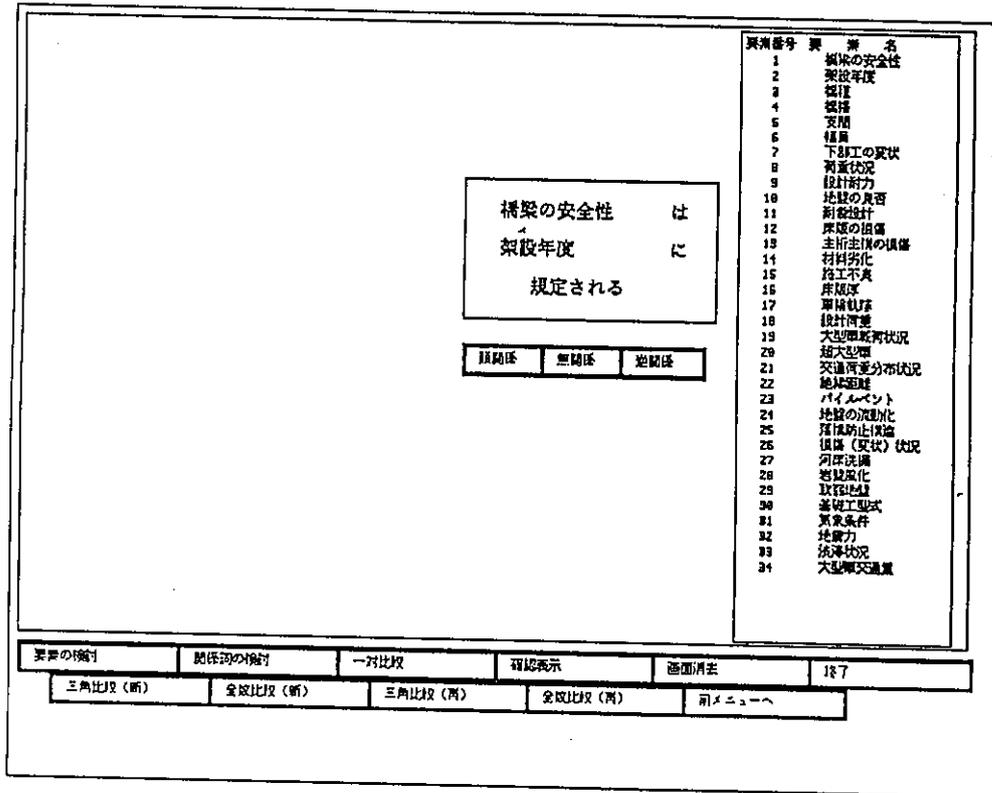


図 3-2 要素リストと一対比較画面

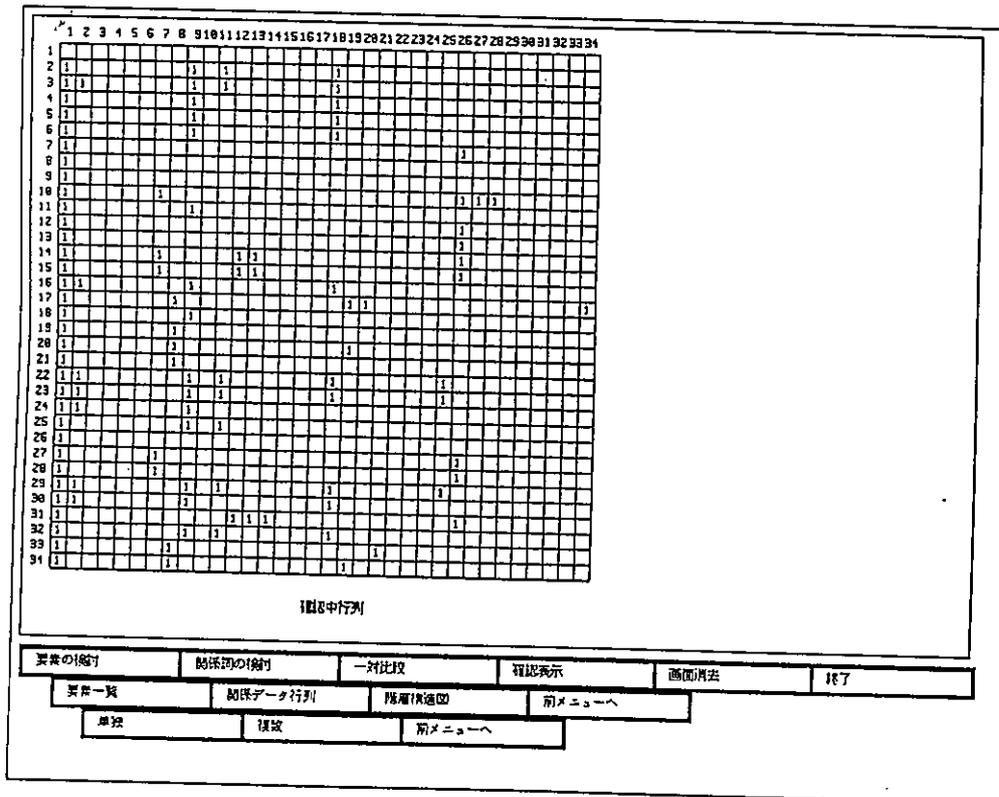


図 3-3 要素間の関係データ行列

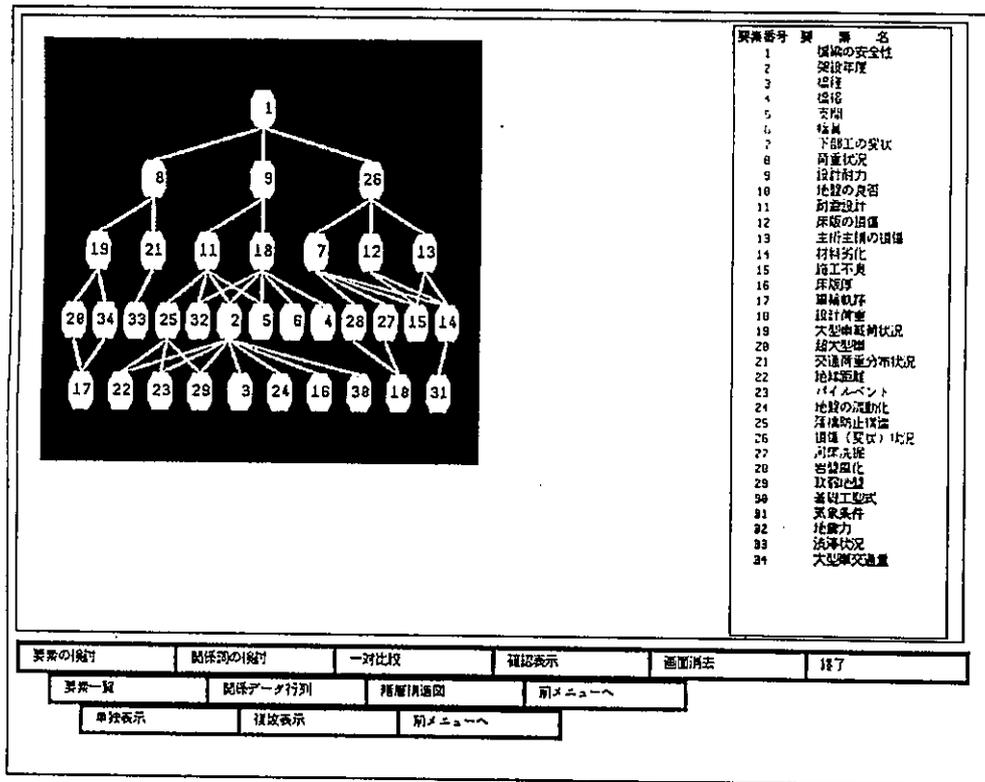


図 3 - 4 橋梁評価の階層構造図

の 3 つの側面の総合評価であり、それには、レベル 4、5 の諸項目のデータに基づき、レベル 3 にある 7 つの規定要因

- (18) 設計荷重
- (11) 耐震設計
- (21) 交通荷重分布状況
- (19) 大型車載荷状況
- (13) 主桁・主構の損傷
- (12) 床版のの損傷
- (7) 下部工の変状

の個別評価が必要があるとするものである。

このような認識は、専門家間でほぼ合意が得られている。また、この図解によって、住民や行政官も、専門家が何に着目し、どのようなデータを根拠にして評価しようとしているのかを、容易に確認することができるし、疑問点を具体的に質問することも可能となる。即ち、支援システムを活用することによって、専門家に全てを任せるのではなく、住民や行政官が、専門家の評価を基礎にして、さらに独自の視点を加味した計画案を作成することが可能となるといえよう。

3-2-2 橋梁の維持管理順位評価支援システム

橋梁の維持管理順位の評価構造は、ISM法に基礎を置く認識の構造化支援システムによって、上述したように、図 3-4 に示すような階層構造図として外部化された。専門家の第二の活用は、図 3-1 に示したように、この階層構造図のレベル 3 に位置する 7 つの規定要因の個別評価にある。表 3-1 に、この階層構造図に従って、レベル 4, 5 にある項目に基づく個別評価の基準表をまず示す。

この表は、7 つの規定要因について、その個別評価に必要な項目を、図 3-4 の階層構造図によって定め、それら項目データによる橋梁の個別評価基準表として、専門家によって作成されたものである。例えば、設計荷重についての個別評価では、その下方にある「架設年度（道路橋示方書の改訂年度）」と「橋格」によって、この表の基準欄に従って、最も安全なものをランク 1、最も危険なものをランク 4 として評価するという考え方である。

図 3-1 に示したように、各橋梁は、この表の基準によって 7 つの規定要因についての個別評価を受ける。その結果、各橋梁は、7 つの規定要因のランク値によって多元的に表現されることになる。このようにしてデータベース化された橋梁に対して、次に、その維持管理順位の評価が行われる。

前述したように、専門家とはいえ、この絶対的評価は難しい。そこで、相対的評価のみを求め、それを補うために、専門家の相対的順位評価を基に、それらを全体的順位に変換する支援システムの導入を行うとした。

順位評価では、評価結果間で推移律が保持される必要がある。例えば、A が B より安全で、かつ B が C より安全であれば、A は C より安全でなければならない。ISM法のアルゴリズムは、要素間の一対比較結果を、それらの間で推移律が成立するとして、階層構造化するものであり、この変換のアルゴリズムとしても利用できる。

ただし、第 2 章あるいは本章の 3-2-1 における ISM法では、階層構造化されるものは“intent structure”であるのに対して、ここでは“priority structure”であるという違いがある。前者では、要素も要素間の関係も複雑で、それを取り扱う支援システムでは、求められた階層構造図の見やすさが大きな問題となり、そのために、階層構造図における辺の交差を改善するアルゴリズムを工夫した。“priority structure”では、要素は全て橋梁であり、その間の関係も、どちらが安全か、あるいはどちらが先かといったもので、階層構造図自体は単純なものとなる。否、その性質上、出来るだけ単純なもの、最終的には単純な“線構造”になることが望ましい。即ち、全ての橋梁が順位付けられているという階層構造図が求まることが望ましい。

これらのことを考えれば、同じ ISM法に基礎を置く支援システムであっても、第 2 章で示したものと異なるシステム開発が必要となる。そこで、まず、専門家による橋梁の順位付け評価のプロセスを、図 3-5 のように想定し、その支援システムとして、図 3-6 に

表 3 - 1 橋梁評価の規定要因の個別評価基準

要 因	基 準	ランク
1 設計荷重	昭和53年以降道示・通達による1等橋	1
	昭和31年・昭和14年以降の道示・通達による1等橋	2
	昭和31年・昭和14年以降の道示・通達による2等橋及び 大正15年道畑の1等橋	3
	大正15年道畑による2等橋、3等橋	4
2 耐震設計	昭和55年道示ⅣⅤにより設計又は耐震総点検による上・ 下部全て耐震補修済	1
	昭和47年道路橋耐震設計指針による設計、又は耐震総点検 により落橋防止補修済	2
	昭和31年道示による設計	3
	大正15年道畑及び昭和14年道示による設計	4
3 交通荷重分布	通常走行状態（交通渋滞の起こる可能性が極めて低い場合）	1
	通常渋滞状況（片側車線のみ渋滞する可能性のある場合）	2
	状況 完全渋滞状況（全車線にわたって完全に渋滞する可能性の ある場合）	3
	常時完全渋滞状況（頻繁に完全渋滞する可能性のある場合）	4
4 大型車載荷 状況	500台/日未満	1
	500台/日以上～1000台/日未満	2
	1000台/日以上～2000台/未満	3
	2000台/日以上	4
5 主桁・主構の 損傷	劣化、損傷が見られない	1
	鋼橋、コンクリート橋の表面劣化が見られる	2
	欠損・さび汁・母材・溶接等のクラック及び変状・モーメ ントクラックが局部的に見られる	3
	欠損・さび汁・母材・溶接等のクラック及び変状・せん断 クラック・橋軸方向クラックが多くの部分に見られる	4
6 床版の損傷	損傷なし	1
	横軸方向ひび割れ発生	2
	2方向ひび割れ発生・局部的なさび汁発生	3
	コンクリートの角落ち、剝離、抜け落ち、さび汁等多数発生	4
7 下部工の変状 及び損傷	損傷・変状なし	1
	かぶりコンクリートのひび割れ、剝離さび汁発生	2
	洗掘・風化によるフーチング露出・鉄筋のはらみ出し	3
	躯体の傾斜・沈下・移動	4

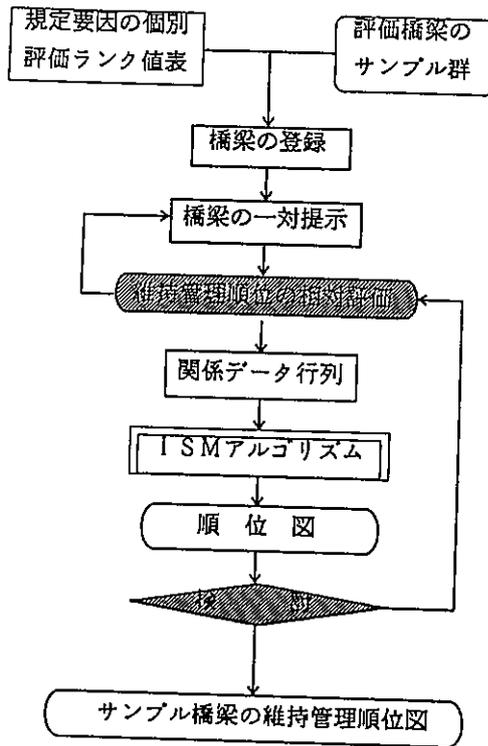


図 3-5 専門家による維持管理順位評価のプロセス

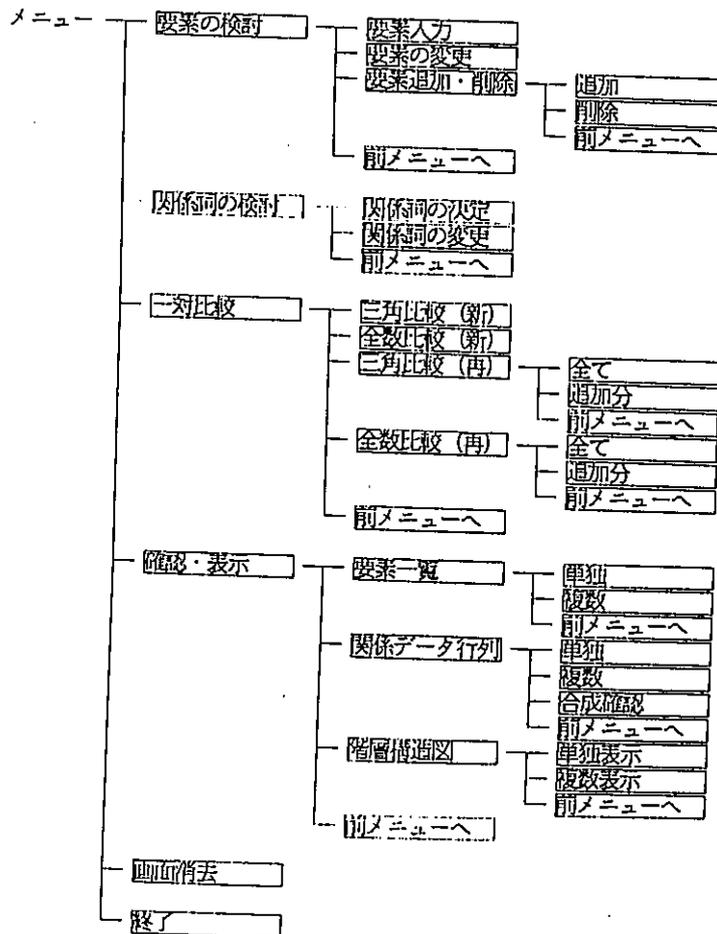


図 3-6 支援システムのメニュー構成

示すようメニューを持つ順位図作成支援システムを開発した。このメニューは、図2-7 と比べれば単純になっている。また、メニュー内容も異なる。親メニューの中の「三群判別」については次項で述べるとして、図3-5 と図3-6 に沿って、この支援システムの基本的な部分について、以下説明する。

まず、評価の対象となる橋梁（サンプル橋梁）が想定され、その各々について、表3-1の基準に従って、7つの規定要因に関する個別評価がなされる。この結果を登録し、データベース化する作業を受け持つのが、メニューの中の「サンプルの検討」である。次の「一対比較」は、このような橋梁を、専門家に一対づつ提示し、その相対的評価を求めるメニューである。本支援システムでは、図3-7 に示すように、A、Bという2個の橋梁をデータベースから任意に選択し、両橋梁の7つの個別評価結果のランク値を、それぞれ棒グラフとして提示する。この提示では、個別評価がランク1のときに、棒グラフが最も長くなるようにしている。即ち、棒グラフが長いほど、その規定要因に関する個別評価は良好ということになる。

専門家は、3-2-1のプロセスを経て、7つの規定要因の決定と、その個別評価基準としての表3-1の設定に参加してきている。その意味では、図3-7によって提示された情報の内容を十分に理解しており、自己の知識・経験を活用して、これらの個別評価を総合し、A、B両橋梁の安全性の相対的評価を適切に行える位置にいる。

評価結果は、この図の下方のウインドウを、

- ① Aの方が安全である ⇨ $A \gg B$
- ② Bの方が安全である ⇨ $A \ll B$
- ③ 同じくらいである ⇨ $A = B$
- ④ 不明 ⇨ $A < > B$

という形で、マウスで指示すれば、関係データ行列として記録される。

このような一対比較が全てのサンプル橋梁に対してなされれば、ISM法のアルゴリズムによって、橋梁の安全性順位図が作成されることになる。親メニューの「確認表示」の子メニューの中の「順位図」は、この表示を求めるものである。図3-8 にその例を示す。この順位図では、レベル1に、専門家によって最も安全と評価された橋梁が表示され、下に行くほど危険と評価されたものが表示されるようになっている。また、順位評価が不明ないしは矛盾している橋梁は、この図にもあるように、別に一群として表示するようにしている。例えば、一対比較で、同じペアをA、Bを逆にして2度提示したとき、一度目と二度目で判断が異なったり、あるいは、A、B、Cの橋梁について、 $A \ll B$ 、 $B \ll C$ としたのに、 $A \gg C$ と判断したような場合である。

専門家とはいえ、一対比較する橋梁の数が増えると負荷が大きくなり、このようなことが起きる。本支援システムでは、再考のプロセスを充実させるなどによって、専門家による一対比較時の負荷を軽減する工夫を行っている。図3-9 は、「一対比較（再）」による

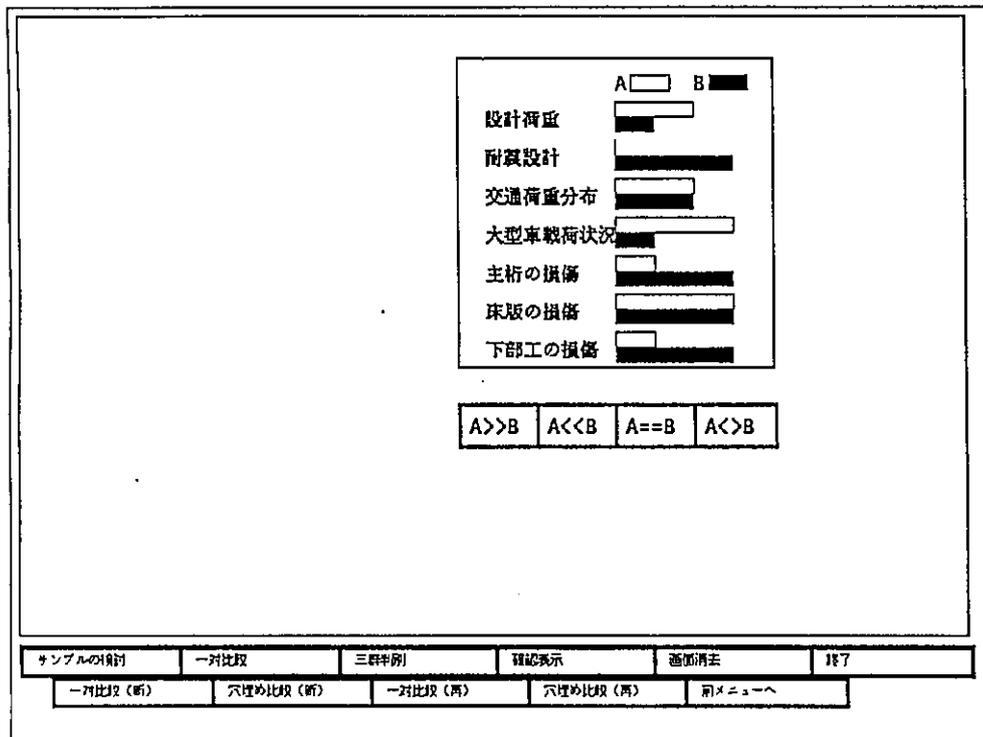


図 3 - 7 橋梁の一対比較画面

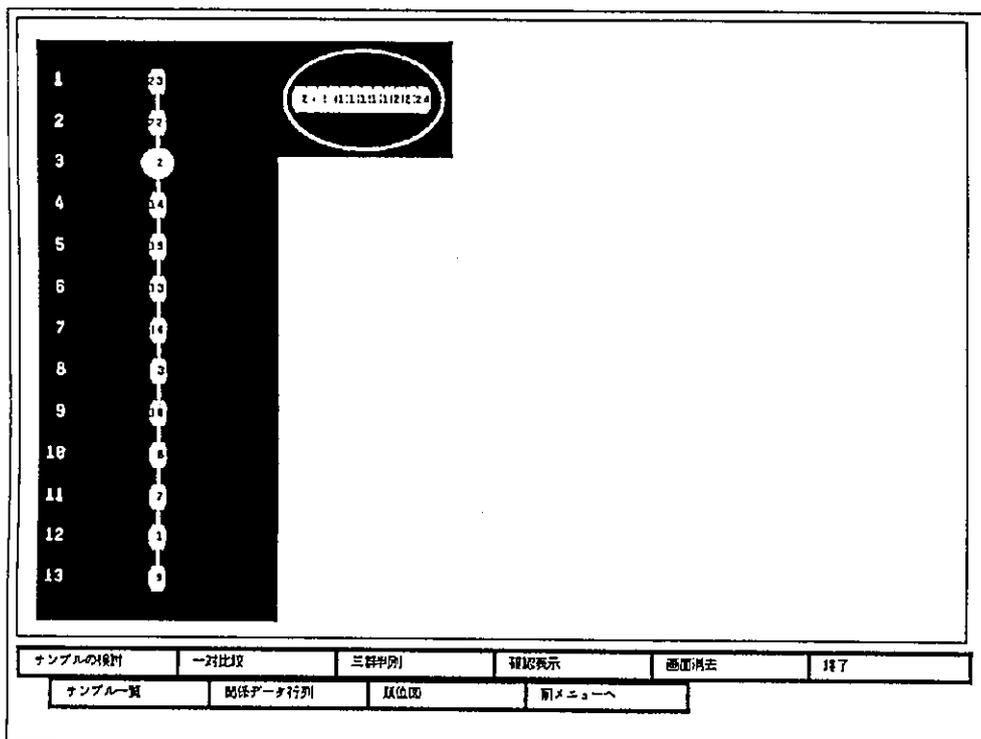


図 3 - 8 橋梁の安全性順位図

再考時の画面である。左方のウィンドウに前回の一対比較結果のデータ行列を表示し、右側のウィンドウで、一対比較の再考を行っている例である。左方のウィンドウに順位図を表示することも可能であるし、また、再一対比較したい橋梁群を限定して、再考するという支援も可能である。

専門家は、この確認表示と再一対比較の機能を活用して、自己が作成した橋梁の安全性順位図を納得がいくまで検討することが出来る。また、橋梁の相対評価結果は関係データ行列として保持されており、専門家の評価過程は、住民にも、行政官にも、確認表示と再一対比較の機能を活用して、そのデータを確認することで検討可能であり、さらに、それを共通の土俵として、専門家との直接的な意見交換も可能である。

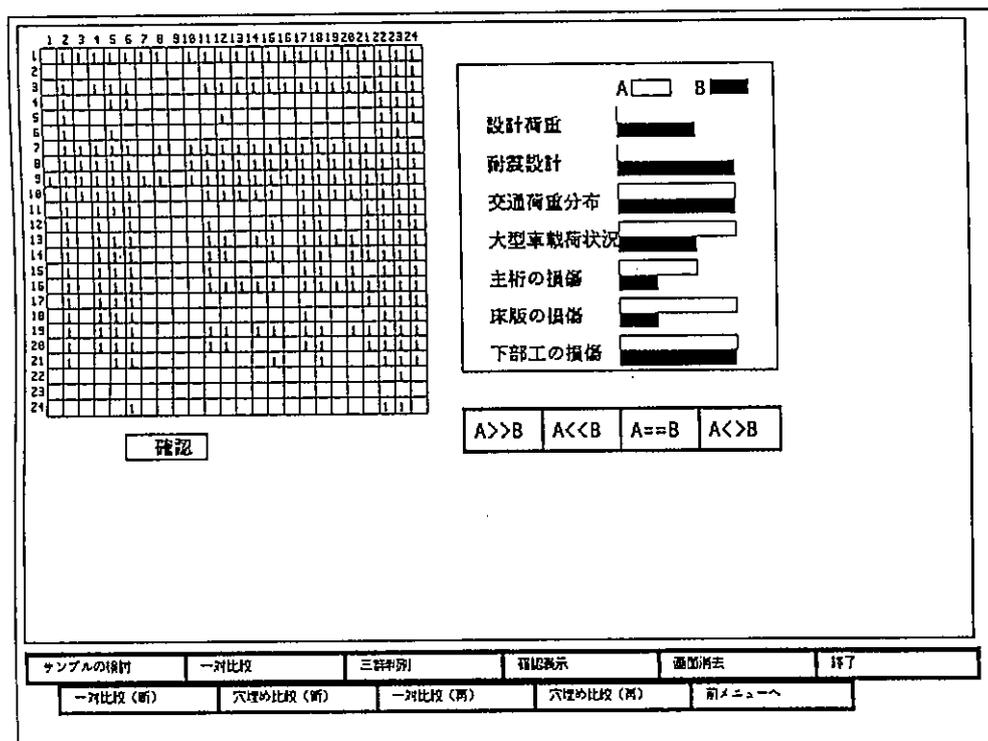


図 3 - 9 橋梁の一対比較 (再) 画面

3-2-3 評価結果の客観性評価と数値化支援システム

このような支援システムの下で、専門家の知識・経験を活用した橋梁の安全性の評価がなされることになる。その結果は、橋梁の維持管理計画の基礎として十分に信頼できるものではあるが、二つの問題が残る。一つは、上でも述べたが、一対比較を求める橋梁の数が増えると、専門家に大きな負担がかかるために、その数は限定され、3-1の①に挙げた地域の全ての橋梁を対象とするということが難しくなるという問題である。いま一つは、③として挙げた予算内での維持管理計画という観点から、図3-8のような順位図として与えられた評価に、どのような線引きをするのかという問題である。

この両方の問題に対する解決策の一つとして、判別関数による評価の数値化と、誤判別なしという基準による線引きを提案する。

まず、図3-8に示したような順位図が、専門家による評価結果として求まっているとする。そして、その図を基に、適当なレベルで順位図を

G_1 : 安全 (当分は維持管理を必要としない橋梁群)

G_2 : 中程度安全 (維持管理が望ましい橋梁群)

G_3 : 危険 (早急に維持管理が必要な橋梁群)

の三つのグループに分けることを考える。

順位図のこの3分割が妥当かどうかの判断は、この分割を説明する一貫した理由が存在するかどうかによる。三群判別関数の適用は、そのための方法の一つである。次にその方法を述べる。各橋梁は、7つの規定要因の個別評価ランク値で表現される。そこで、

x^k_{ij} : グループ G_k に属するサンプル橋梁 i の第 j 番目の規定要因のランク値とすれば、グループ G_k に属するサンプル橋梁 i は、

$$x^k_i = (x^k_{i1}, x^k_{i2}, \dots, x^k_{i7}), \quad i=1, 2, \dots, n_k \quad (3-1)$$

と書ける。ここで、

n_k : 上の分割で、グループ G_k に属するサンプル橋梁の数 ($k=1, 2, 3$)

である。

判別関数法とは、一次判別関数を、

$$f^k_i = \sum a^k_j x_{ij} + c^k, \quad k=1, 2, 3 \quad (3-2)$$

とおき、この関数の係数 a^k_j 、 c^k を、上の3分割によるデータ x^k_i ($i=1, 2, \dots, n_k$; $k=1, 2, 3$) を用いて、それらの橋梁が3グループに上手く分類できるように定める方法である。

この係数を用いれば、任意の橋梁も、

$$\begin{aligned}
 Z_{21} &= \sum (a^2_j - a^1_j) X_{1j} + (c^2 - c^1) & (3-3) \\
 Z_{32} &= \sum (a^3_j - a^2_j) X_{1j} + (c^3 - c^2) \\
 (Z_{13} &= - (Z_{21} + Z_{32}))
 \end{aligned}$$

という値によって、

$$\begin{aligned}
 G_1 &: Z_{21} > 0 \text{ かつ } Z_{32} > 0 \\
 G_2 &: Z_{21} \leq 0 \text{ かつ } Z_{32} > 0 \\
 G_3 &: Z_{21} \leq 0 \text{ かつ } Z_{32} \leq 0
 \end{aligned} \tag{3-4}$$

というルールで3グループに分類することができる。

順位図の $G_1 \sim G_3$ への3分割が適切であったかどうかの判断基準の一つは、その分割で G_k に属すると判断された橋梁は、やはり式(3-3)とルール(3-4)による数値的分類によっても G_k に属することになることである。即ち、3分割を誤判別なしで説明できる係数が定まるかどうかである。

判別関数法による数値的分類結果は、式(3-3)の Z_{21} と Z_{32} を、それぞれ横軸と縦軸とすれば、図3-10に示すような判別図を用いて表示することが出来る。即ち、この図の第一象限は“ $Z_{21} > 0$ かつ $Z_{32} > 0$ ”であり、 G_1 の領域となり、以下、第二象限は“ $Z_{21} \leq 0$ かつ $Z_{32} > 0$ ”で G_2 の領域、そして第三象限は“ $Z_{21} \leq 0$ かつ $Z_{32} \leq 0$ ”で G_3 の領域となる。

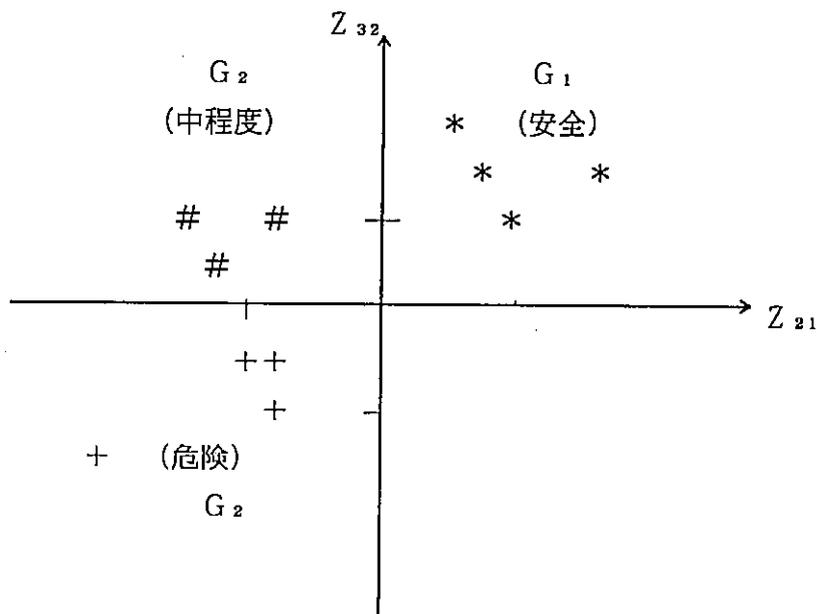


図3-10 橋梁の3グループ判別図と表示記号

上の判断基準は、この判別図を用いれば、次のようになる。順位図の3分割で、 G_1 に分類された橋梁には”*”， G_2 のものには”#”， G_3 のものには”+”といふ記号を付けて、その数値的分類結果を判別図に表示する。このとき、これらの記号が混在していない結果となること、上の判断基準に相当する。

このような順位図と3グループへの線引きが求められれば、その結果を利用して、第一の課題、即ち、サンプル橋梁以外の橋梁についても、 $G_1 \sim G_3$ という維持管理順位グループへの分類判断が可能となる。即ち、その橋梁の7つの規定要因について、まず、その個別評価を表3-1の基準により行い、

$$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{i7}) \quad (3-5)$$

として、誤判別なしの判別関数の係数 a^k 、 c^k を用いて、式(3-3)の Z_{21} と Z_{32} を算定し、図3-10の判別図にプロットし、第一象限ならば G_1 、第二象限ならば G_2 、第三象限ならば G_3 とすればよい。

この判別関数法に支援された維持管理順位の評価のプロセスを示したのが、図3-11である。このプロセスは、順位図を介して、3-2-2の図3-5のプロセスと連動するもので、従って、支援システムも連動していることが望ましい。先に、図3-6のメニューの中で後で述べるとした「三群判別」は、実はこのことを先取りしたもので、図3-11の中の順位図の3分割から判別図の作成のプロセスを支援するためのものである。

具体的には、まず、図3-12に示すように、左方ウインドウに橋梁の順位図が表示され、その順位図に対して、右方ウインドウの指示に従って、 G_1 と G_2 との区切り目のレベル、 G_2 と G_3 との区切り目のレベルを、マウスで数字をクリップすることで入力する。そうすれば、その3分割に対応する判別関数の係数が算定され、さらに、各サンプル橋梁について、 Z_{21} と Z_{32} が計算され、その結果が、図3-13に示すように、判別図に記号付きで表示される。また、そのときの判別関数の係数も表示される。

この部分の支援は、図3-6のメニューの中の親メニューの「三群判別」（図3-12の下方ウインドウの上段）を選択し、その子メニューの「サンプルの判別」（図3-12の下方ウインドウの下段）によって行われる。図3-11のサンプル橋梁以外の橋梁についての判別は、子メニューにある「実データの判別・改善」で支援される。即ち、式(3-5)で与えられる実データを持つ橋梁の判別という形で行われる。

橋梁の維持管理計画は、その橋梁の個別評価の”改善”をもたらす。その結果は、その橋梁のランク値の変更をもたらす。「実データの判別・改善」の”改善”は、このような結果としての実データをもつ橋梁についても適用することを意味している。即ち、ある維持管理計画が7つの規定要因の個別評価をどのように改善するかが分かれば、この支援システムは、その橋梁の事後評価にも利用することができる。もし、事後評価が、当分は維

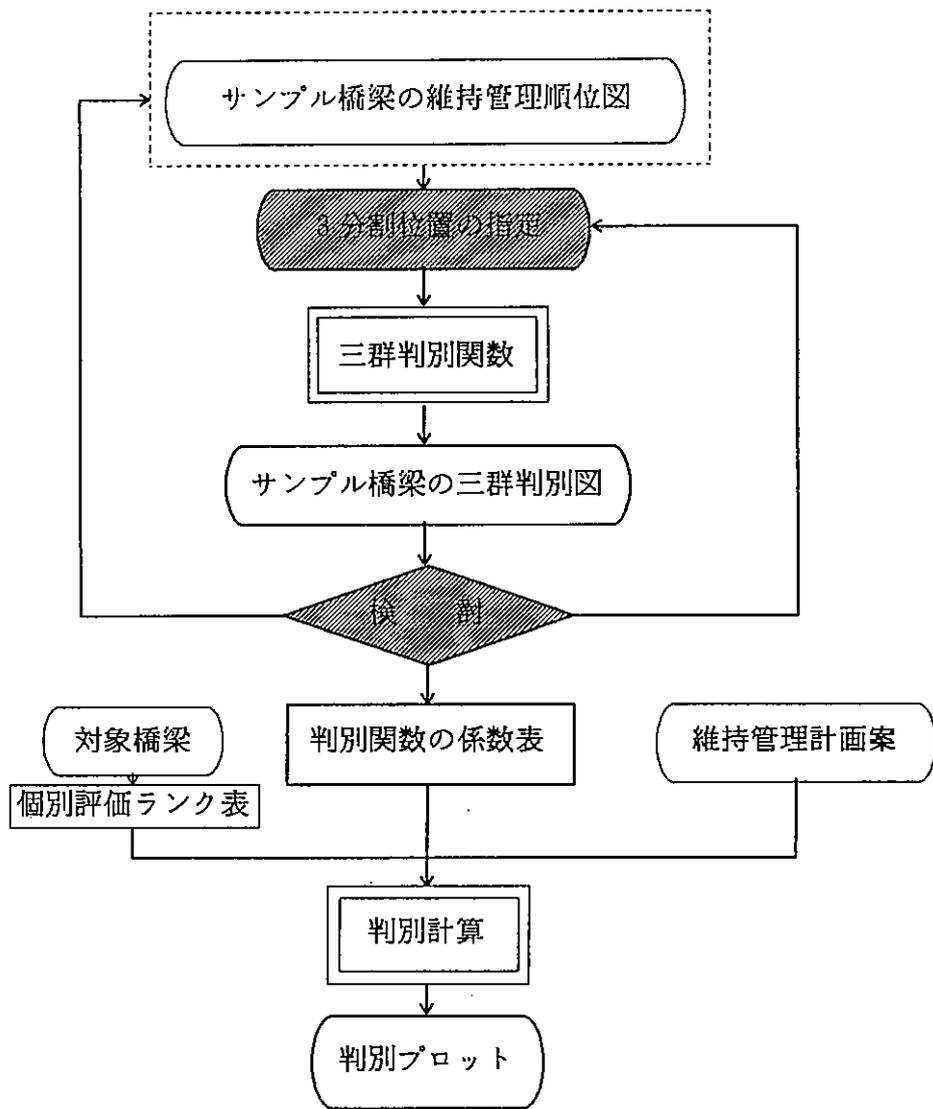


図 3 - 1 1 維持管理計画の評価プロセス

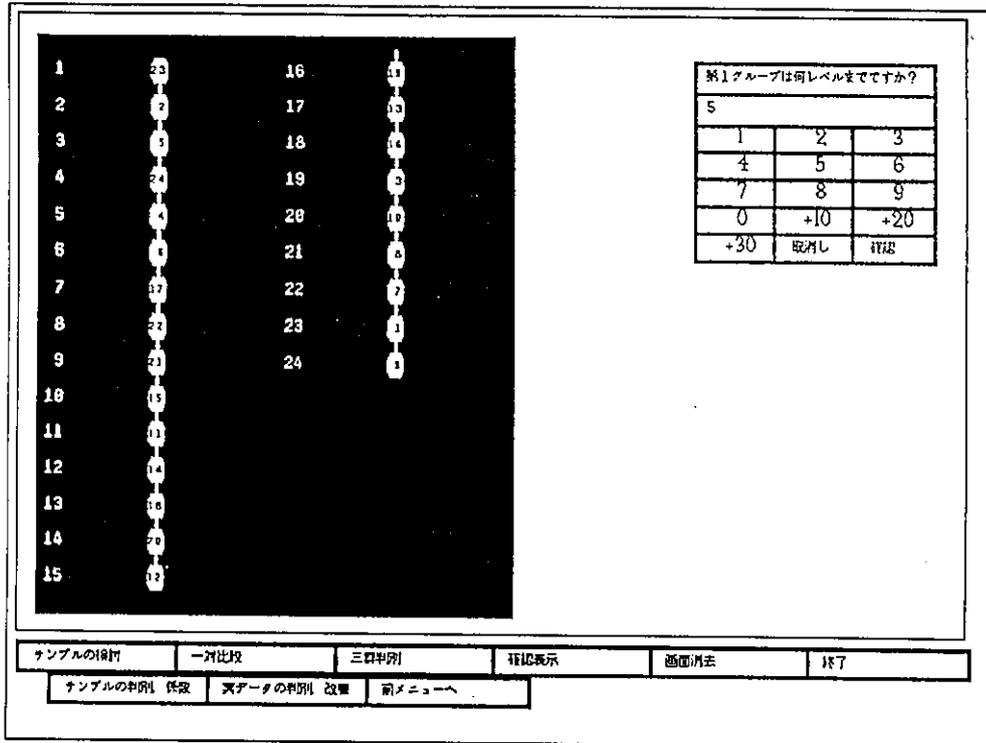


図 3 - 1 2 順位図の 3 分割作業画面

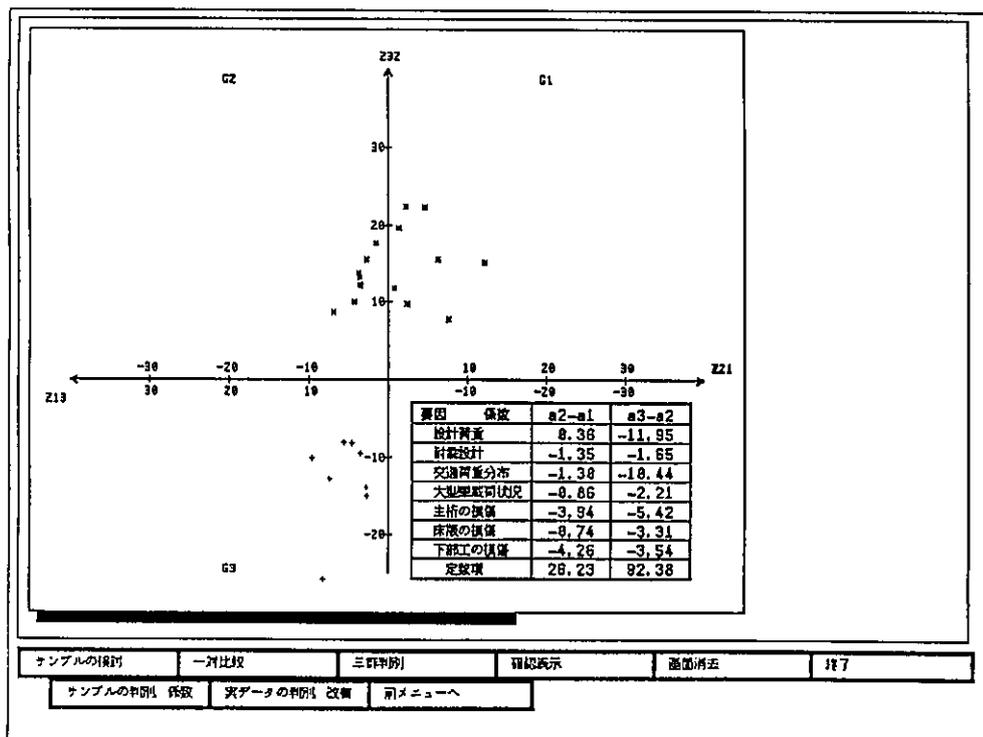


図 3 - 1 3 橋梁の 3 群判別図

持管理を必要としない橋梁群 G_1 になるというものであれば、その維持管理計画は有効な代替案ということになるし、もし、それが G_2 あるいは G_3 であれば、その計画は再検討する必要があるということになる。

3-3 橋梁の維持管理順位の評価事例

3-3-1 支援システムの下での専門家の経験的評価事例

本研究では、橋梁の維持管理計画における専門家の活用を、図3-1に示したように、3段階で想定し、特に、第1段階と第3段階については、その支援システムの提案を行ってきた。即ち、第1段階では、専門家の知識・経験を活用して評価構造を確定し、第2段階では、それに基づく規定要因の決定とその個別評価に、そして、第3段階では、橋梁の相対的順位評価に、専門家の能力を直接活用するというものであった。本事例では、この第1段階と第2段階については、図3-4の評価構造図とそれに基づく表3-1の個別評価ランク値表として求まっているとして、第3段階の専門家による維持管理順位の経験的評価の支援について述べる。

この部分は、図3-5に示す順位図作成のプロセスと、図3-11に示す三群判別評価と数値化のプロセスより成る。具体的な支援システムでは、3-2-3あるいは図3-6のメニューに示したように、この2つのプロセスは一体化され、専門家による評価の間情報的適合性をより増大化する支援を目指している。この支援システムの下での適用事例について説明する。

図3-5に示されているように、まず、評価橋梁のサンプル群の設定と、その表3-1による個別評価データが必要となる。本事例では、表3-2に示す24橋のサンプル橋梁を用いる。これらは、石川県下の橋梁から、橋種、設計条件、構造および損傷度のバラエティを考慮して選定したものである。ちなみに、サンプル橋梁の構成は、鋼橋10、RC橋7、PC橋7である。

これらの橋梁を表3-1の基準に従い、7つの規定要因の個別評価を行い、ランク値化したものが、表3-2の数値である。これらを登録し、次に、3-2-2の図3-7で述べた一対比較画面を用いて、その相対評価を専門家に求める。ここでは、専門家として橋梁コンサルタントを専門とする人に依頼し、実験した結果を示す。図3-14が、この専門家が数度のフィードバックの経て得た順位図である。

この順位図では、サンプル橋梁のサンプル番号を用いて、その順位が表示されている。具体的には、専門家の相対的評価結果を、推移律が成立するとして、ISM法のアルゴリズムで処理し、安全から危険の順に、即ち、この順位図では、レベル1の橋梁(23)が最も安全で、レベル22の橋梁(1)が最も危険として並べた直したものである。

前述したように、本支援システムでは、図3-5のこの順位図作成プロセスと、図3-11の三群判別分析と数値化のプロセスとが一体化されている。ここに示した順位図も、この図3-11の手順に従い、三群判別分析され、誤判別無しとされたものでもある。即ち、主観的、経験的評価ではあるが、一貫した説明が可能な評価結果が得られている。

具体的には、3-2-2の図3-12に示したような画面を用いて、図3-14の順位図の橋梁を、レベル1～8を G_1 、レベル9～15を G_2 、レベル16以上を G_3 に属すると

して3分割し、判別関数の計算を行い、図3-15に示すような誤判別無しの判別図を得ている。そして、そのときの係数表が、図3-15の右下のウィンドウに表示されているものである。

この係数表は、この専門家が、橋梁の維持管理順位評価に際して、各規定要因の相対的重みをどのように想定しているかを示している。式(3-3)、図3-10、および表3-1のランク値の与え方から分かるように、この係数は、負で絶対値が大きいほど、評価結果へ大きな影響度を持っている。そして、 $(a_j^2 - a_j^1)$ は、当該の橋梁が安全ないしは当面維持管理が不要かどうかに関する重みで、 $(a_j^3 - a_j^2)$ は、危険ないしは早急に維持管理が必要かどうかに関する重みである。この専門家は、概ね前者に関しては、下部工と主桁・主構の損傷の評価で行うが、後者に関しては、多くの要因に目を向けていることが分かる。

表3-2 サンプル橋梁の一覧表

No.	橋名	橋種	橋長	架設年度	規定要因番号						
					1	2	3	4	5	6	7
1	石井橋	m	21.0m	S9	4	4	1	1	2	4	4
2	飛橋	m	22.1	S6	4	4	1	1	2	1	1
3	直海谷橋	m	20.5	S10	3	4	2	4	4	1	1
4	天狗橋	w	218.5	S29	2	1	2	3	3	3	1
5	三味橋	m	19.2	S30	2	4	2	3	1	3	1
6	辰口大橋	w	390.6	S28	2	4	1	1	3	3	1
7	小松大橋	m	76.8	S10	3	2	2	1	3	3	4
8	新橋	m	34.5	S18	4	4	1	1	3	2	3
9	竹中川橋	RC	17.0	S5	4	4	2	2	4	3	2
10	穴水大橋	PC	15.0	S18	4	4	2	2	3	1	2
11	西出川橋	RC	7.3	S38	2	3	1	1	3	3	2
12	粂坂橋	RC	17.0	S38	2	1	1	1	4	4	2
13	松百新橋	RC	21.4	S11	2	1	3	3	4	4	1
14	寺田橋	RC	25.2	S26	2	4	1	2	3	3	2
15	大桑橋	RC	99.7	S30	2	4	2	1	3	1	3
16	白江大橋	RC	73.5	S10	4	4	2	1	3	2	2
17	住吉橋	PC	25.7	S29	3	2	1	2	3	1	2
18	南志見橋	PC	93.0	S50	2	1	1	1	4	3	2
19	大蔵橋	PC	18.0	S35	2	1	1	2	4	4	2
20	歌仙橋	PC	60.0	S47	2	1	1	2	4	3	2
21	羽咋大橋	PC	126.5	S34	2	1	2	3	3	3	1
22	吾妻橋	PC	53.0	S31	2	1	1	1	4	2	1
23	手取川橋	w	400.0	T7	3	1	2	3	1	1	1
24	目附谷橋	a _r	82.0	S40	2	1	1	2	3	3	1

但し、m：鋼版桁橋、w：ワーレントラス、a_r：鋼アーチ橋、
RC：鉄筋コンクリート橋、PC：プレストレスト・コンクリート橋

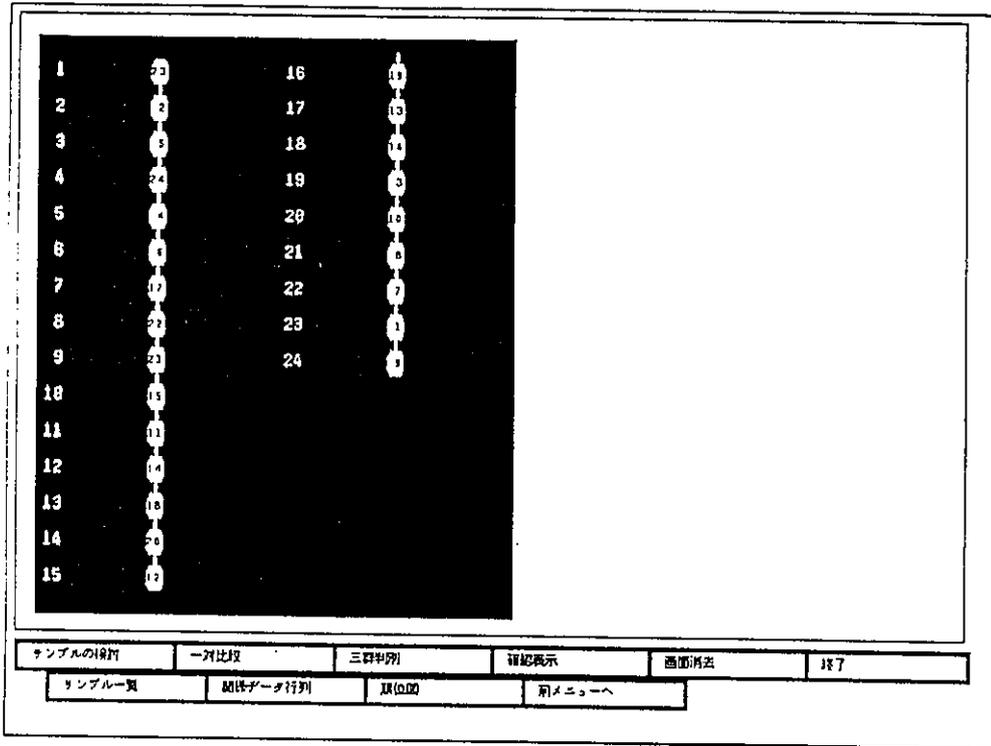


図 3 - 1 4 橋梁の順位図例

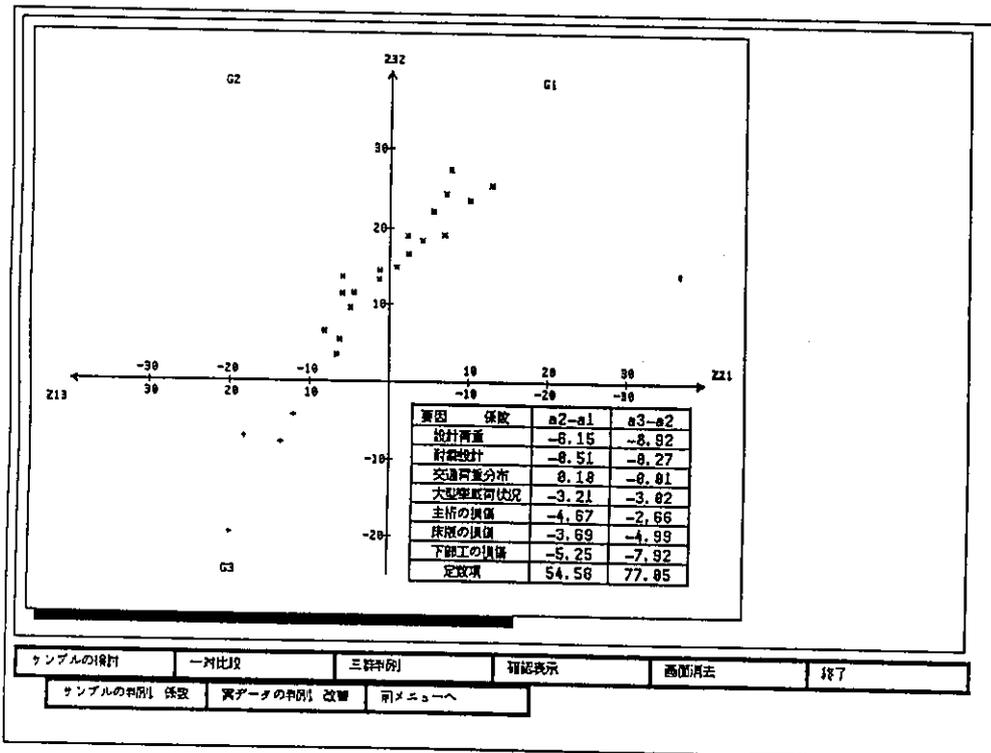


図 3 - 1 5 橋梁の 3 群判別図例

3-3-2 専門家による経験的評価の比較

支援システムの導入は、主体の認識を外部化するものであり、それは、他者との対話のための共通の土俵を提供するとともに、当該主体にとっても、自己の認識を客観的に見直す契機を与えるものである。このいわば自己との対話を通じて、より自己の基準情報に適合した評価結果を得るのを支援するところに、ここで提案した支援システムの第一義的な意義がある。

上で示したように、このような支援システムの下で、専門家が、自己との対話のためのフィードバックを十分に繰り返して得た結果は、一貫した説明が可能なもので、専門家を信頼するとすれば、十分に客観的なものといえよう。とはいえ、間情動的適合性の立場では、それはあくまでも専門家の経験的、主観的評価であり、さらに適合性の増大化を目指すことが肝要となる。実際、西村、藤井らの研究では、専門家の専門領域によって、評価に際しての重みに差があることが指摘されている。そこで、この支援システムの特徴を生かし、この差の数値的比較を試み、評価結果の活用方法および間情動的適合性の増大化の方策について考察する。

まず、専門領域を異にする専門家として、A（橋梁研究者、経験年数19年）、B（橋梁コンサルタント、経験年数30年）、C（橋梁管理者、経験年数22年）の三氏とし、本支援システムの下での評価を依頼した。

先に示した評価構造図とその個別評価表の作成は、この三者の参加の下で行ったもので、ほぼ合意が得られている。また、評価橋梁のサンプル群も上の表3-2と同じものを用いている。三者にその相対的評価を求め、誤判別無しとなったそれぞれの順位図と、その判別関数の係数を、図3-16と表3-3に示す。

順位図については、C氏の場合は、サイクルが発生しており、その分、レベル数も少なく、やや評価に不十分さが感じられる。最も安全な橋(23)と最も危険な橋(1)という評価は、三者とも同意見である。サンプル番号(4)と(21)の橋は、三者とも並列となっているが、実は表3-2を見れば同じ個別評価を持った橋梁であり、一対比較時の専門家の評価の安定性を示唆する結果となっている。細部の評価については、三者で差があるが、三者とも異なるのは少なく、二者では近い評価となっている。例えば、サンプル番号(22)の橋は、B氏はレベル7と少し低めに評価しているが、A氏とC氏はともにレベル2としているし、逆に、サンプル番号(22)の橋については、A氏はレベル21と危険な橋梁としているが、B氏とC氏はともに中程度という評価をしている。

表3-3の係数による三者の比較をする。まず、前述したように、 $(a_{j^2} - a_{j^1})$ の欄の値が、当該の橋梁が安全ないしは当面維持管理が不要かを規定する重みで、負で絶対値が大きいほど、その規定力が大きく、 $(a_{j^3} - a_{j^2})$ の欄の値は、危険ないしは早急に維持管理が必要かどうかに関する重みである。これらを比較するために、視覚的な図3-17を作成した。

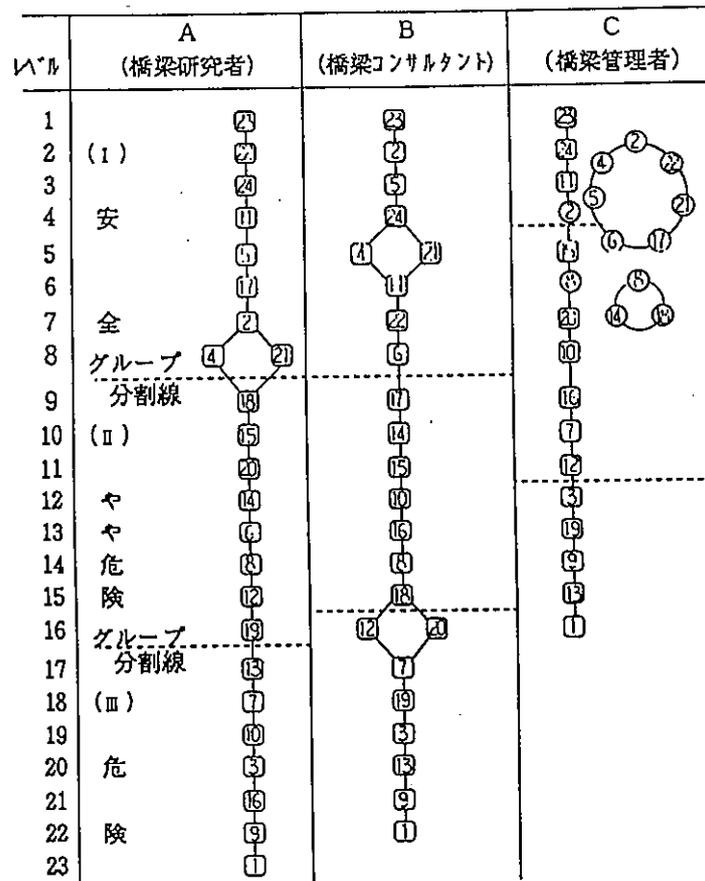


図 3 - 1 6 3 氏の順位図比較

表 3 - 3 3 氏の判別係数比較表

安全性規定項目	$a_1^2 - a_1^1$			$a_1^3 - a_1^2$		
	A	B	C	A	B	C
1. 設計荷重	-1.249	-0.630	-0.153	-11.245	-2.724	-3.111
2. 耐震設計	-2.465	-1.085	-1.522	-1.954	0.373	-1.220
3. 交通荷重分布	-5.611	-0.271	-1.967	-13.487	0.264	-0.279
4. 大型車交通量	-1.828	-2.563	-1.769	-2.430	-2.879	-4.097
5. 主桁・主橋の損傷	-4.996	-4.721	-4.329	-6.990	-2.408	-2.807
6. 床版の損傷	-2.786	-0.588	-1.010	-4.625	-2.618	-3.042
7. 下部工の変状及び損傷	-3.869	-5.942	-4.874	-4.517	-2.041	-1.216
定 数	45.850	31.429	34.742	108.430	30.647	40.296

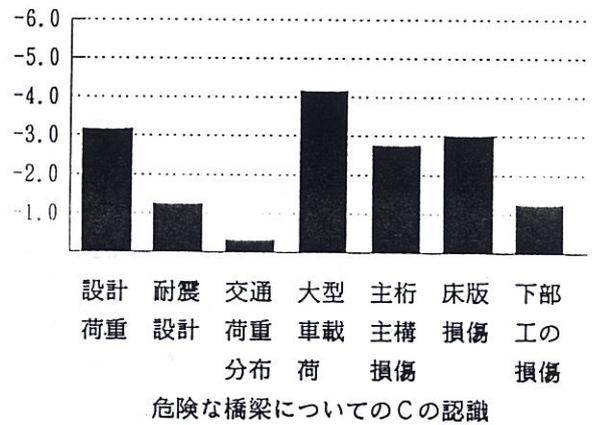
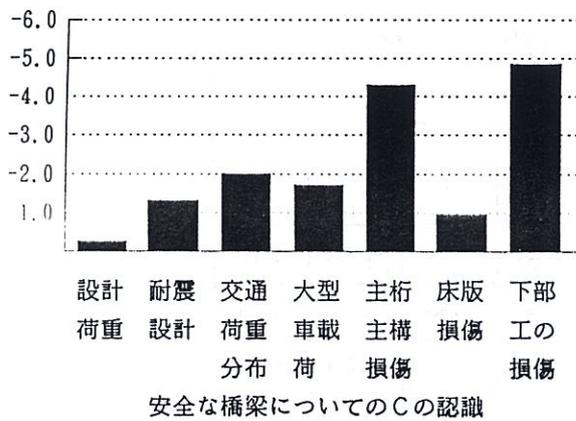
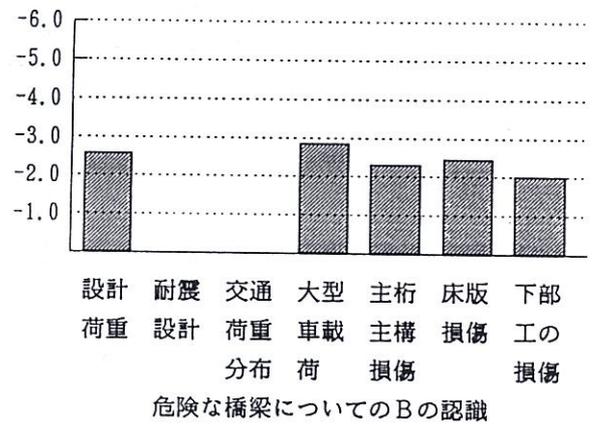
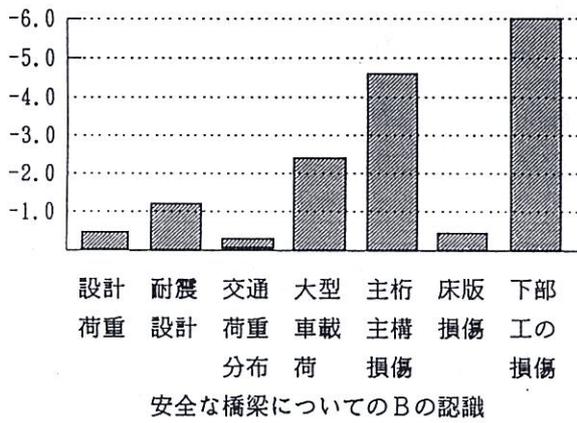
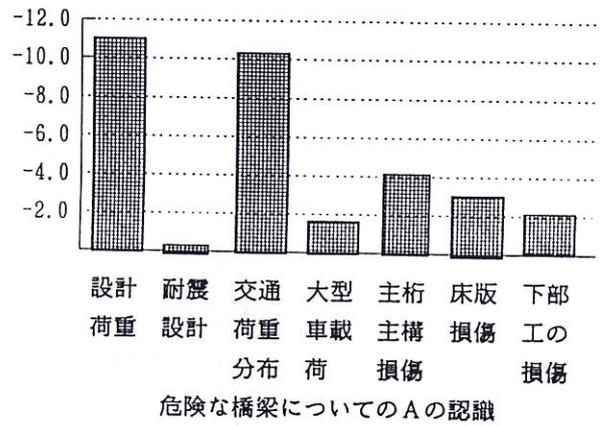
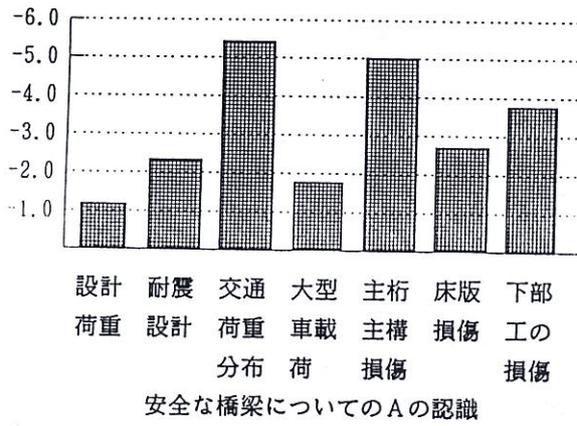


図 3-17 3氏の評価構造の比較図

当該の橋梁が安全ないしは当面維持管理が不要かの判断と、危険ないしは早急に維持管理が必要かの判断では、三者とも異なる重みを用いている。即ち、パットと見て、この大區別をして、それから詳しく比較するという階層的判断がなされていると推測される。前者の判断では、三者とも、構造的健全性を規定する要因、下部工の損傷、主桁・主構の損傷、耐震設計をまず見て、その次に、荷重条件を見るという形になっている。ここで、A氏は、交通荷重を重視するのに対して、B氏とC氏は、大型車載荷状況を重視するという相違が出ている。後者、即ち、危険ないしは早急に維持管理が必要かどうかの評価では、三者とも、実載荷重条件と構造的健全性の双方を見るという点では共通しているが、細部では、三者でかなり差がある。A氏は、実載荷重条件を重視し、設計荷重と交通荷重分布に大きな重みを置いている。B氏は、実載荷重条件と構造的健全性の双方に、それぞれ同程度の重みを置く見方をしている。C氏は、その中間的な評価構造で、大型車載荷状況の重視と、耐震設計に比較的大きな重みを置いているところに特徴がある。

このような相違は、専門家の専門領域からある程度納得のいくものである。換言すれば、専門家の基準情報は、橋梁の専門家としての共通のものと、現実の経験の中で積み上げられてきた個人的なものがあるといえよう。維持管理計画でも、3-1で論じたように、専門家の評価に全面的に委ねるのではなく、専門家の評価を基に、行政と住民が判断すべきであるとした。その意味では、専門家の評価では、細部での差異はあまり問題ではなく、G₁、G₂、G₃程度の順位付けで安定した評価であればよい。順位図の比較でも指摘したが、三群判別結果としての比較を行う。

表 3-4 3氏の評価結果の比較表

橋梁 No.	Aの 判断	Bの 判断	Cの 判断	一致 数	相違 者
1	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	3	
2	I	I	I	3	
3	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	3	
4	I	I	I	3	
5	I	I	I	3	
6	Ⅱ	I	I	2	A
7	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	2	C
8	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	3	
9	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	3	
10	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	2	A
11	I	I	I	3	
12	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	2	B
13	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	3	
14	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	3	
15	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	3	
16	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	2	A
17	I	Ⅱ	I	2	B
18	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	3	
19	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	2	A
20	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	2	B
21	I	I	I	3	
22	I	I	I	3	
23	I	I	I	3	
24	I	I	I	3	

表 3-4 は、三氏の順位図を、それぞれ誤判別無しの三群に分割し、その分割によって各橋梁を G_1 ならば I, G_2 ならば II, G_3 ならば III として表示したものである。三者三様という結果は 1 橋もない。三者の判断が一致しているものが、16 橋、66% という結果になっている。早急に維持管理が必要な評価が III の橋梁について詳しく見ると、三者が一致している橋梁が 4 個、二者が一致しているものが 2 個、一者が III としている橋梁が 4 個となっている。

このような差異をどう考えるのかは別にして、このような相違を解消する最も簡単な方法は、一対比較の結果の関係データ行列を、これらの結果を基に多数決決定とし、順位図を作成し、それを三群判別にかけることである。しかし、その前に、このようなデータを専門家にフィードバックし、再評価してもらうことで、また、各自の結果を共通の土俵として討議してもらうことで、どの程度解消されるかを検討することが筋であろう。

3-3-3 橋梁の力学的評価結果との比較

3-3-2 では、評価主体間での差異、その根源には個人的基準情報の差異があるが、その比較検討を行った。ここでは、別の力学的な理論的基準情報に基づく評価結果との比較を試みる。

この力学的評価システムの詳細は、文献に譲るが、主桁・主構、床版の供用耐荷力と、それらへの実載荷重に規定される上部工の安定性評価 (F 値) と、変状調査による常時耐荷力と安定性、耐震調査による地震時耐荷力と安定性解析による下部工の安定性評価 (S 値) によって、橋梁を $G_1 \sim G_3$ の 3 グループに診断するシステムである。このシステムによって、上で評価対象のサンプル橋梁とした 24 橋を診断し、先の B 氏の経験的評価結果とともに表示したのが、図 3-18 である。この表示でも、B 氏の評価結果は、上と同様に、I ~ III で示している。

まず、この力学的評価システムの評価で III、即ち危険とされた橋梁は、全て B 氏の経験的評価でも III となっている。しかし、力学的評価システムで II、即ちやや危険とされた橋梁に関しては、B 氏の経験的評価では I となっているものが 2 橋ある。詳しく見れば、一つは、F 値では I であるが、S 値では II となっている橋で、もう一つは、その逆となっている橋である。F 値、S 値のどちらかが I ならば I とすれば一致するが、どちらかが II ならば II と、安全側に判断すれば食い違っていることになる。即ち、B 氏の評価は甘めであるといえよう。

G_1 の領域については、いくつか問題点が指摘出来る。M 橋、即ち鋼橋については、力学的評価システムで I と診断された橋梁は、B 氏の経験的評価でも全て I と評価され、一致しているが、コンクリート橋である RC、PC については、食い違っている。特に、サンプル番号 12 の RC 橋は、力学的評価システムでは I であるが、B 氏は III と判断している。表 3-2 で、この橋梁の個別評価ランク値を見れば、床版と下部工の損傷が 4 となっ

本研究では、地域のシンボルとしての意味をも持つ橋梁の維持管理計画については、専門家による評価を、行政や住民が地域の視点で検討し、最終的な意思決定をする必要があるとして、そのための支援システムの提案を試みた。まず、専門家の評価構造をISM法で外部化することによって、行政や住民にも、専門家が何に着目し、評価しているのかを明らかにすることを提案した。次に、各橋梁の安全性規定要因についての個別評価基準を明らかにし、その上で専門家の評価能力を活用し、順位図を作成し、それを判別分析にかけることによって、評価の客観性の程度の明示化と、評価の背後にある専門家の評価構造の数値化を提案した。

適用事例では、このような支援システムの下での専門家の評価は、その専門家にとって十分に吟味された個人的には高い間情報的適合性を持つこと、維持管理計画の直接の対象となる橋梁についての評価に関しては、力学的な理論的基準情報とも適合性を持つことを示した。その一方で、専門家のより詳しい専門領域によって、評価構造に差があり、専門家間での話し合いが必要であることも示した。この話し合いにも、行政や住民との話し合いと同様に、この支援システムが共通の土俵を提供すると考えられる。この面での事例研究と、支援システムの機能強化が今後の課題である。

参考文献

- 1) 西村昭, 藤井学, 宮本文穂, 梶谷義昭, 春名真義: 既設橋梁の耐荷力評価とその検証に関する研究, (上), (下), 橋梁と基礎, Vol.21, 8-51, 1987.2, 34-39, 1987.3.
- 2) 小間井孝吉, 木俣昇, 小堀為雄: 維持・管理計画のための橋梁評価システムに関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.428/I-15, 137-146, 1991.

第4章 個別評価システムの研究

第2章、第3章では、道路と橋梁という2つの社会基盤整備計画を取り上げ、その支援システムについて論じた。それらの計画では、幾つかの情報が、基本情報として必要となる。それらの中で、本章では、道路整備計画の満足度と渋滞緩和効果に関する評価システムの研究と、整備計画の基礎となる地盤評価システムについて述べる。

まず、(1)では、「道路利用者からみた道路網整備の満足度評価」について述べる。ここでは、道路利用者にとって理解しやすい指標として、「旅行時間」を採用し、道路網整備水準の満足度を、トリップ目的別、OD別に調査・整理し、道路網整備計画のマクロ情報を用意する。次に、(2)では、「都市内信号交差点における交通渋滞緩和のための道路整備計画評価」について、新しい評価システムの提案を行う。ここでは、従来の交通量配分モデルを、信号交差点の影響を考慮した動的配分法に拡張することによって、交差点の改良、道路の改良・開設の効果評価を試みる。

(3)では、「社会基盤整備における地盤評価」として、一つは、道路も含めて、ライフライン系の地震時安全性を規定する地盤の液状化危険の空間分布予測について、新しい方法の提案を行う。二つめには、表層地盤の地層構成が地表面における地震動強度に与える影響について、近年の地震被害結果の整理と、それに基づく評価法について研究する。

4-1 道路利用者からみた道路網整備の満足度評価

1) はじめに

道路網の整備計画や交通規制の実施計画を検討する場合、対象道路網のサービス水準を的確に評価する必要がある。道路網サービス水準の評価方法としては従来、道路の物理的構造を示す指標（舗装率・改良率・整備率等）や、交通流の円滑性を示す指標（走行速度・混雑度等）等が用いられてきた。しかし、これらの指標のみでは道路網全体としての整備水準を十分に評価できるとはいえない。特に、交通混雑の激しい都市内の道路網に対しては、個々の道路に対する整備水準評価とともに道路網全体としての評価も必要である。このような点から道路網全体として処理可能な最大交通量（道路網容量）による評価方法がこれまでもいくつか提案されてきた^{1) - 6)}。

一方、交通政策が道路利用者の理解の上に展開される重要性も急速に大きくなりつつあり、その点において市民にわかりやすい評価指標を開発する必要性も高まっている。それゆえ、今まで用いられてきた客観的指標だけでは、設定されたサービス水準がどのような交通現象（交通状況）を表すものなのか、道路利用者にとっては理解が困難である。また具体的に道路利用者が現状の道路整備水準で、どの程度満足しているのか。どの程度整備水準を向上させれば道路利用者にとって満足できる水準に達するのか、などの点が明確ではない⁷⁾。

そこで、本研究では道路利用者からみた現状の道路網整備水準に対する満足度という主観的評価指標を用いることにより、現状の道路網サービス水準の主観的評価を試みる。すなわち、本研究の目的は、道路利用者にとって理解しやすい主観的指標（旅行時間に対する満足度指標）を道路網サービス水準指標として導入することである。具体的には、金沢都市圏の道路利用者に対して実施した目的別の旅行時間満足度調査の結果を個人属性、トリップ目的、利用交通手段、ODペアの違いなどで分析し、旅行時間に対する満足度特性を明らかにすることにより行う。

2) 旅行時間満足度の調査方法

旅行時間に対する満足度調査は、アンケート調査により行った。具体的には、金沢市内に勤務・居住する18歳以上の人を対象に、官庁・事業所・学生に訪問留置調査法により行

注) 本報告は、以下の文献をベースとして、加筆修正したものである。

(1)高山純一，濱 博一：「道路網サービス水準評価のための旅行時間満足度と混雑度の関連性分析」，都市計画論文集，No. 27, (pp. 265 ~ 270), 1992 年11月

(2)高山純一，濱 博一：「道路網整備のサービス水準設定のための旅行時間満足度の特性分析」，土木計画学研究・講演集，No. 15, (pp. 845 ~ 852), 1992 年11月

った。

調査は、各トリップ目的（通勤通学、業務、私事）別に行い、主な調査項目としては利用交通手段と所要時間・距離並びにその所要時間に対する満足度である。満足度は、「大変満足な状況」を+5とし、逆に「大変不満な場合」を-5とする11段階評価で回答を求めた。したがって、満足度=0が満足度評価がどちらでもない「中立点」である。また現状からどの程度所要時間が増減すると「大変満足」あるいは「大変不満」になるかについても調査した。

3) 個人属性別にみた満足度特性

① 回答者の属性

有効な回収は648票（回収率67.5%）であった。回答者の属性は、男性が73.6%で、女性が26.4%であった。年齢構成は図 4-1-1に示すとおりであり、20歳代が最も多く約3割を占めている。職業構成は、図 4-1-2に示すとおりである。

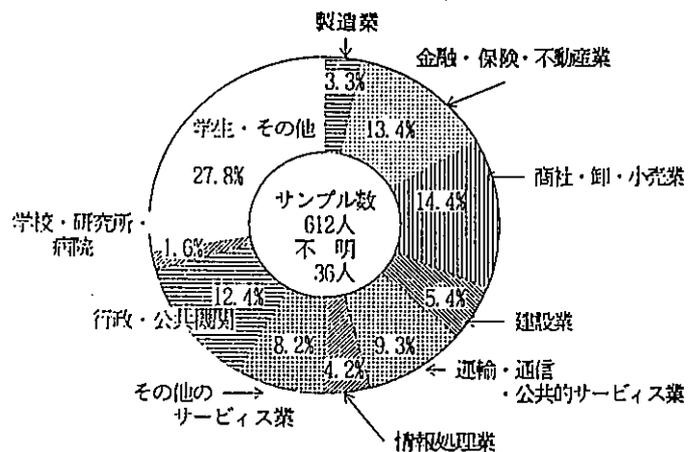
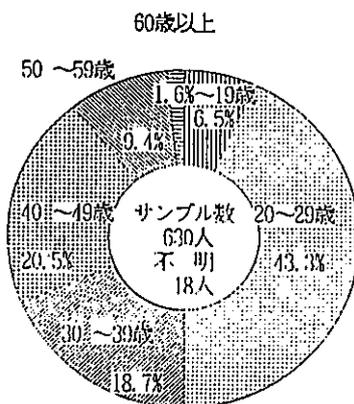


図 4-1-1 アンケート回答者の年齢構成比 図 4-1-2 アンケート回答者の職業構成比

② 回答者の属性による満足度特性

性別による現状の所要時間に対する満足度の差異を図 4-1-3～図 4-1-5に示す。全般的に、女性よりも男性の方が不満とする程度が多少大きいようである。満足度の違いは男女ともトリップ目的ごとに多少みられ、通勤通学目的が現状の所要時間に対する評価が厳しい（図 4-1-3）。

業務目的では現状に対する評価が中立（満足度評価=0）となる割合が大きい（図 4-1-4）。私事目的は両者のほぼ中間的な傾向である。

年齢別では、通勤通学目的及び私事目的で年齢が増加するごとに概ね不満の割合が減少している（図 4-1-6・図 4-1-8）。業務目的はやや異なった傾向を示しており、評価が中

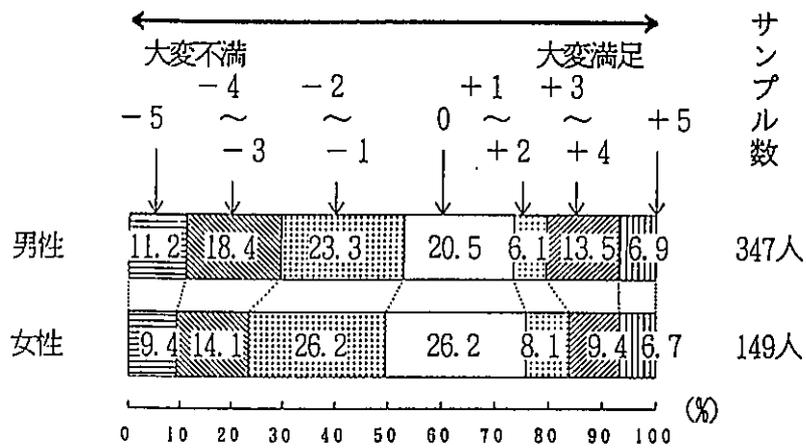


図 4-1-3 通勤・通学トリップに対する道路利用者の満足度 (男女別)

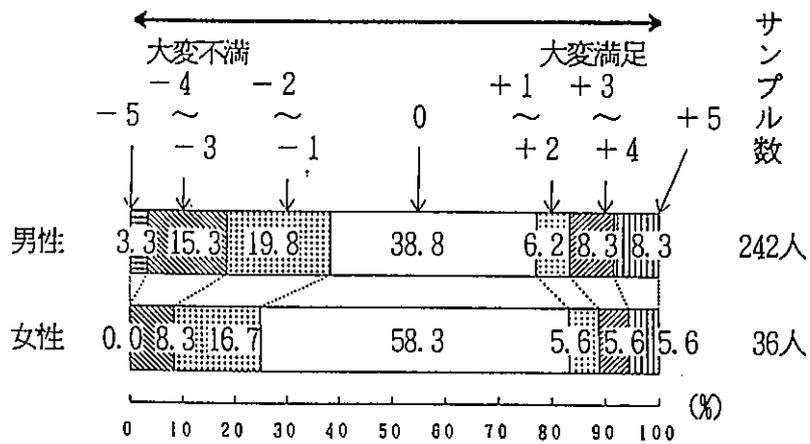


図 4-1-4 業務トリップに対する道路利用者の満足度 (男女別)

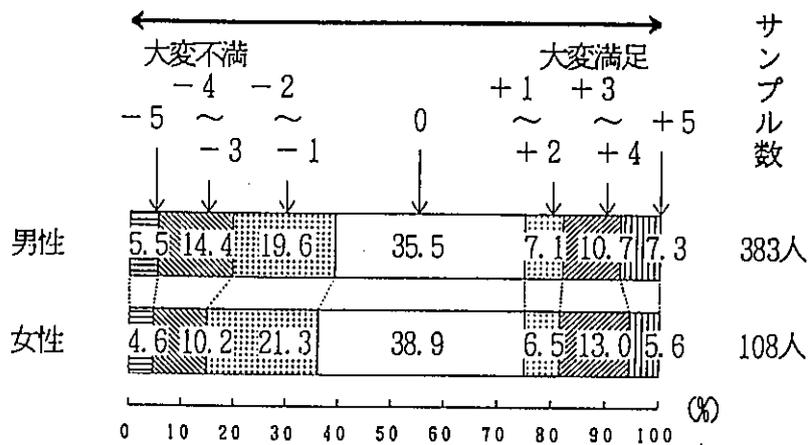


図 4-1-5 私事トリップに対する道路利用者の満足度 (男女別)

立（どちらでもない）となる割合が大きく、満足・不満足がそれに伴って少なくなっていると同時に、年齢が増加するごとにやや不満の程度が増加する傾向にある（図 4-1-7）。

金沢市ではバスレーンが実施されていることもあり、通勤通学目的や業務目的におけるバス利用の方が乗用車利用に比較して不満の割合がやや小さい傾向にある（図 4-1-9）。

私事目的では逆にバス利用の方が乗用車利用よりも不満の割合が多く、評価が厳しくなっている（図 4-1-10）。これは、公共交通手段によって利用者の行動が制約されることへの不満が、私事目的でやや強く反映されるためであると考えられる。

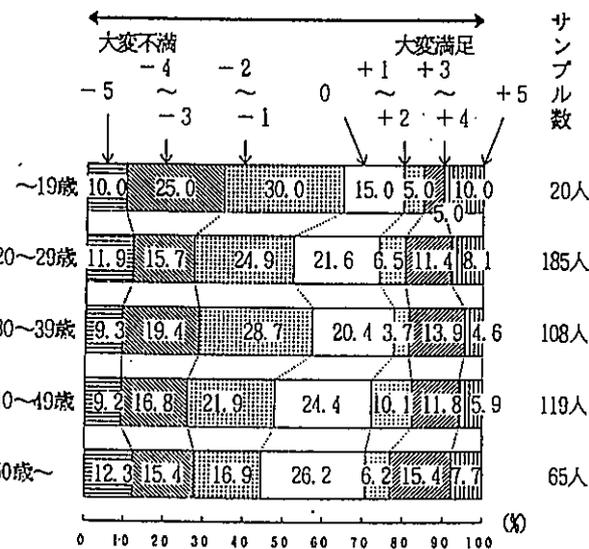


図 4-1-6 通勤・通学トリップに対する道路利用者の満足度（年齢別）

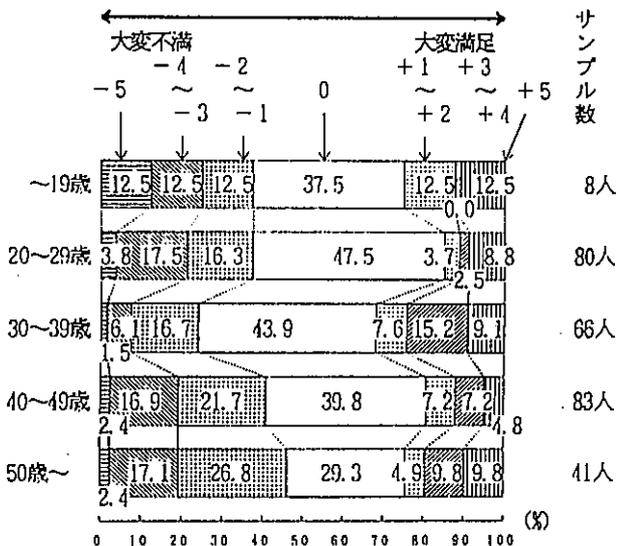


図 4-1-7 業務トリップに対する道路利用者の満足度（年齢別）

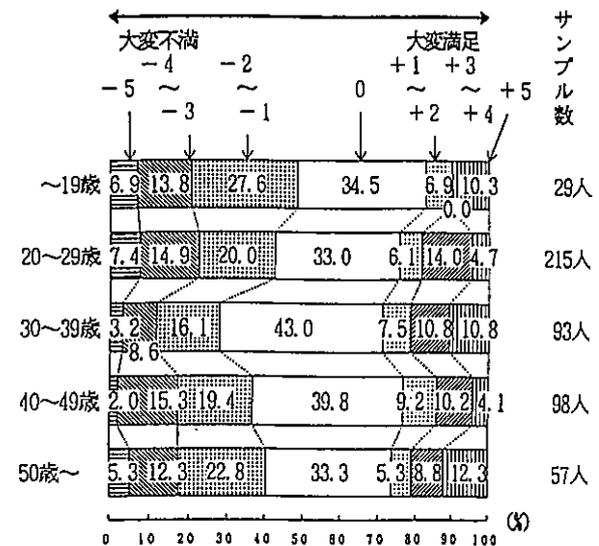


図 4-1-8 私事トリップに対する道路利用者の満足度（年齢別）

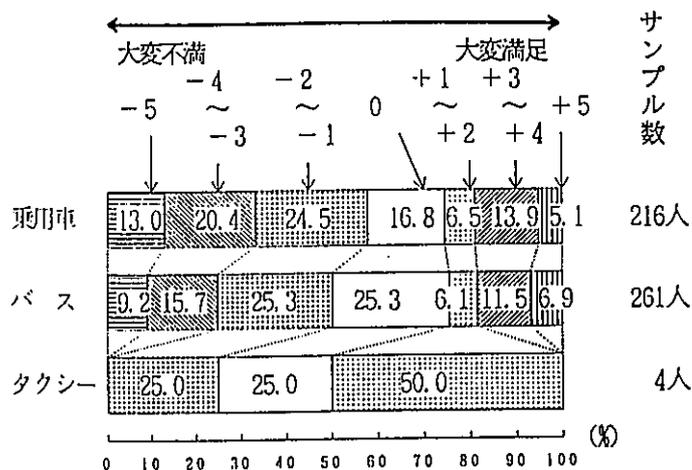


図 4-1-9 通勤・通学トリップに対する道路利用者の満足度(手段別)

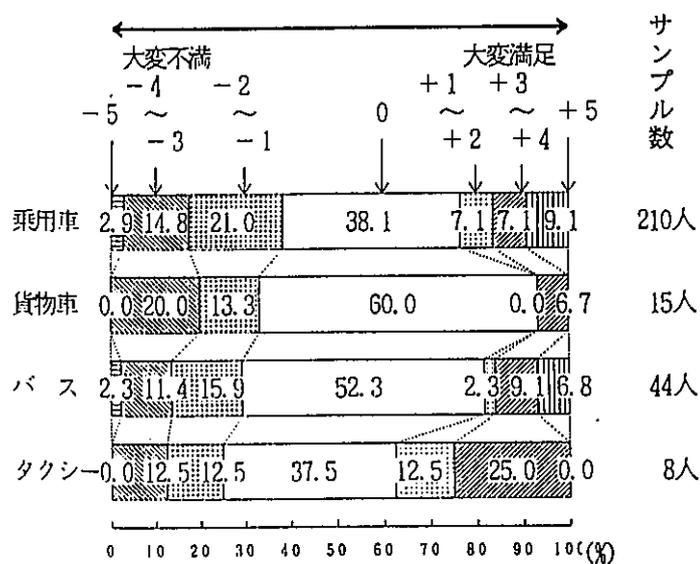


図 4-1-10 業務トリップに対する道路利用者の満足度(手段別)

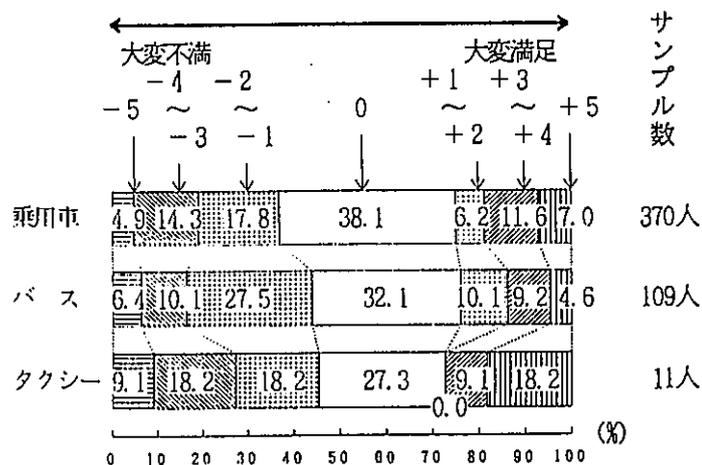


図 4-1-11 私事トリップに対する道路利用者の満足度(手段別)

4) トリップ目的別にみた満足度特性

① 現状満足度特性

前節の旅行時間満足度調査の結果から目的別に所要時間を10分ごとに区分し、各時間別の平均所要時間と平均満足度から現状の満足度評価点（以下、「現状評価点」とする）を求めた。これらの所要時間別現状評価点を結んだ曲線を「現状評価曲線」とする。

全手段について、目的ごとに現状評価曲線を求めたのが、図 4-1-12 である。また、有効サンプル数の多い通勤通学目的について利用手段ごとに現状評価曲線を求めたのが、図 4-1-13 である。

現状の評価は20～30分未満の間で満足・不満の評価が分れ、概ね20分未満では満足、20分以上では不満となる。所要時間別の現状評価の程度は、トリップ目的によって異なる傾向がある。すなわち、通勤・通学目的では、所要時間が伸びるに伴い現状の所要時間に対する不満の程度が大きくなるのに対し、業務及び私事目的では40～50分をピークとして不満の程度が所要時間の増加によって悪化せず頭打ちとなっている。また、通勤通学目的と私事目的では20分未満での満足の程度が時間が短くなるとともに著しく大きくなっている（図 4-1-12）。すなわち、目的別では、通勤通学目的で所要時間に対し最も敏感に満足度評価がされており、逆に業務目的は所要時間に対し最も鈍感である。

一方、手段別では、60分未満でほとんど利用手段による差がみられない。わずかに60分～74分と10分未満で手段による満足度の差がみられる程度である。

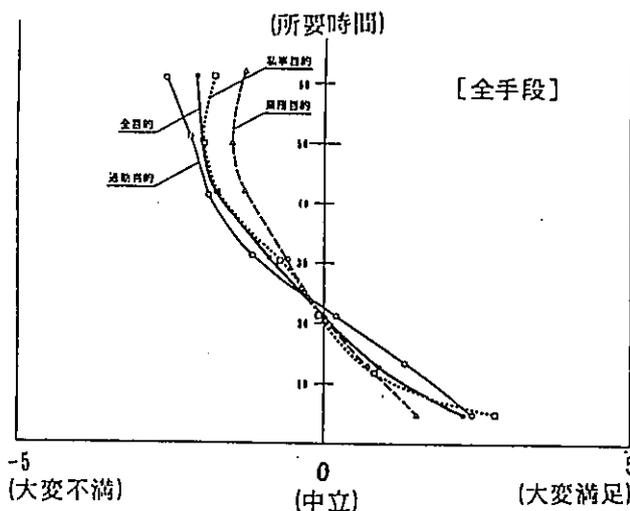


図 4-1-12 目的別現状評価曲線（全手段）

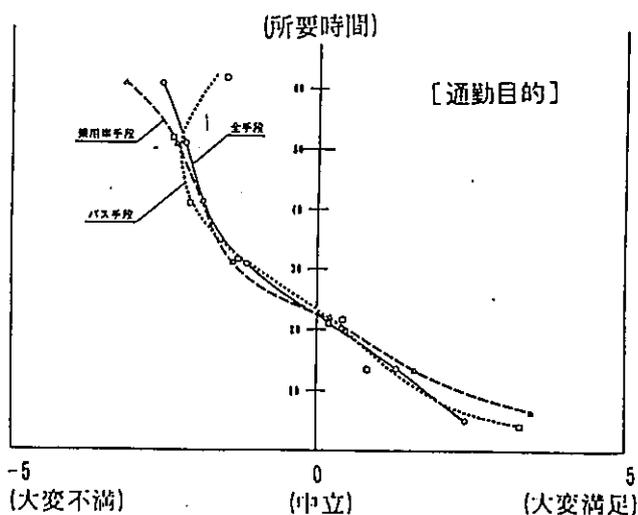


図 4-1-13 手段別現状評価曲線
(通勤通学目的)

② 所要時間別満足度特性

次に、全手段において、①現状評価点から大変不満（満足）となるまでの平均増加（減少）時間を平均所要時間からの相対値として、②大不満点（③大満足点）を求めた。この①～③の3点から所要時間別の満足度評価曲線が得られる（図 4-1-14 ～図 4-1-16）。

目的別の満足度評価曲線から全体的な傾向として、目的・所要時間に拘らず現状から概ね10分程度の所要時間の増加で大変不満となる。逆に、大変満足となる短縮時間は所要時間に応じて長くなっている。

また、サンプル数の多い乗用車利用についても同様に目的別の満足度評価曲線を求めたのが図 4-1-17 ～図 4-1-19 である。全体的に全手段と同様の傾向があるが、通勤通学目的では所要時間に対する満足度評価がかなり敏感に反応している。全手段と乗用車利用では、目的によらず20～50分未満の所要時間でほぼ同じ傾向である。通勤通学目的では、長時間の所要時間で乗用車利用が全手段よりも許容範囲が短く、逆に短時間では長い。私事目的ではこの逆で、長時間で許容範囲が長く、短時間で短い。

以上のことから、通勤・通学目的は全般にわたって所要時間の長短に敏感に反応するが、業務目的は比較的反応が鈍い。さらに私事目的では短時間のトリップについて敏感に反応するが、20分を越えるトリップについては、業務目的と同様に反応が鈍くなること明らかになった。これらの原因としては、通勤通学目的では到着時間の制約が大きいことによるものと考えられ、私事目的では日常的な買い回り等の目的と非日常的（レジャー的）な目的が混在しているためと考えられる。

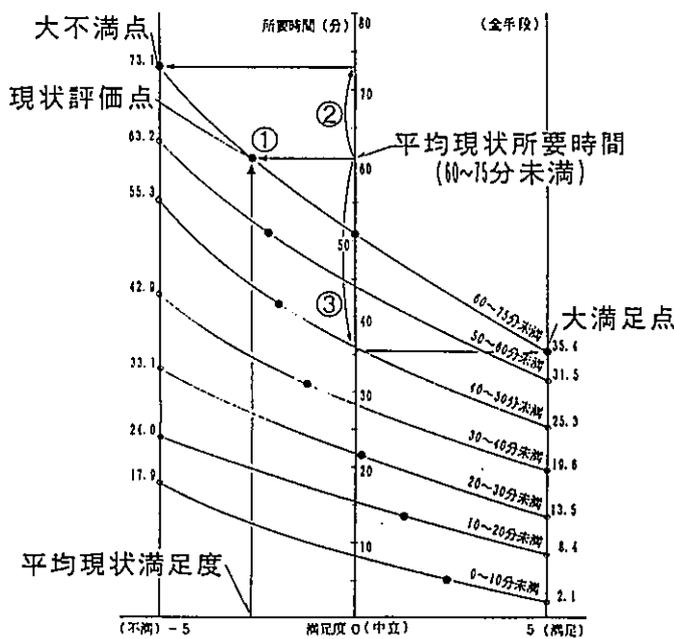


図 4-1-14 通勤・通学目的の所要時間別満足度

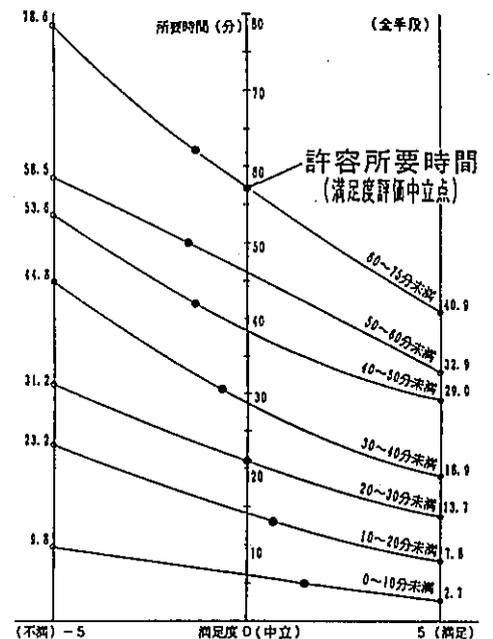


図 4-1-15 業務目的の所要時間別満足度

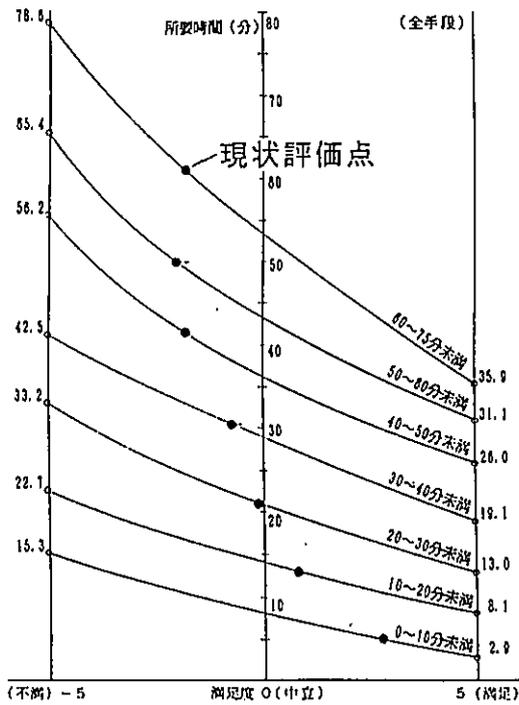


図 4-1-16 私事目的の所要時間別満足度

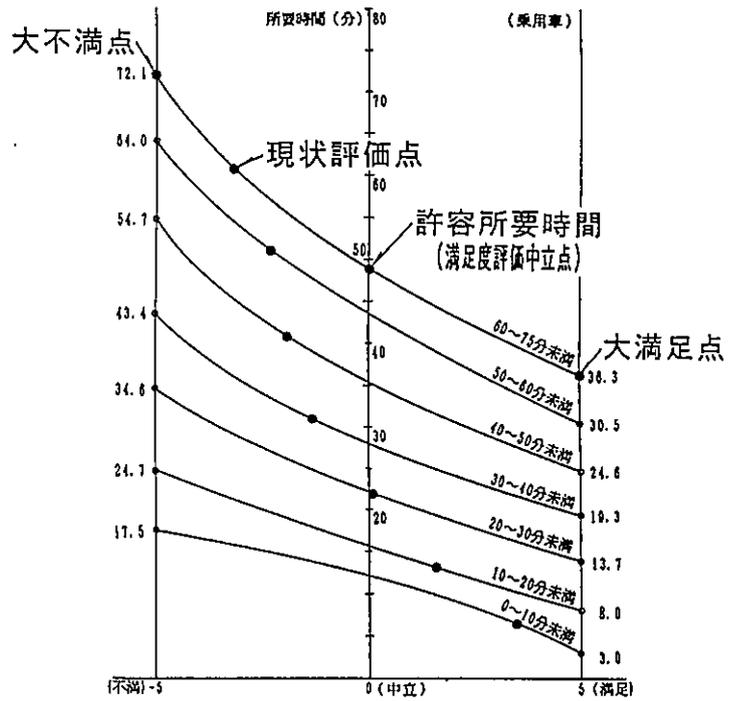


図 4-1-17 通勤・通学目的の所要時間別満足度

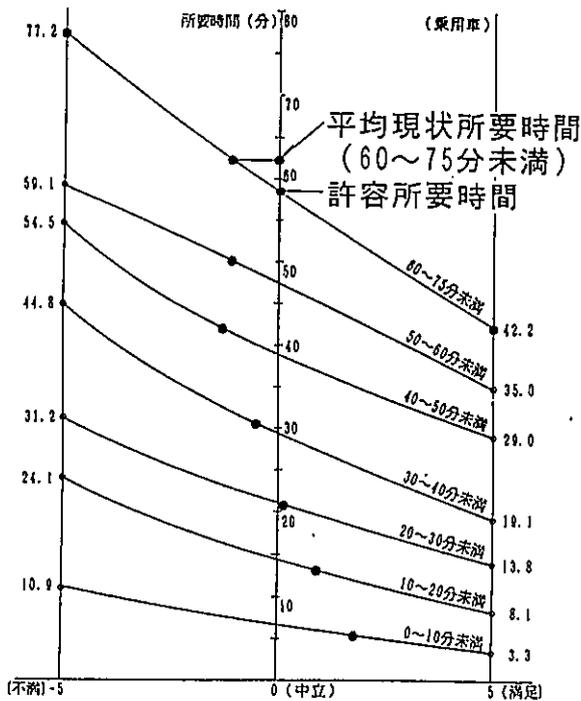


図 4-1-18 業務目的の所要時間別満足度

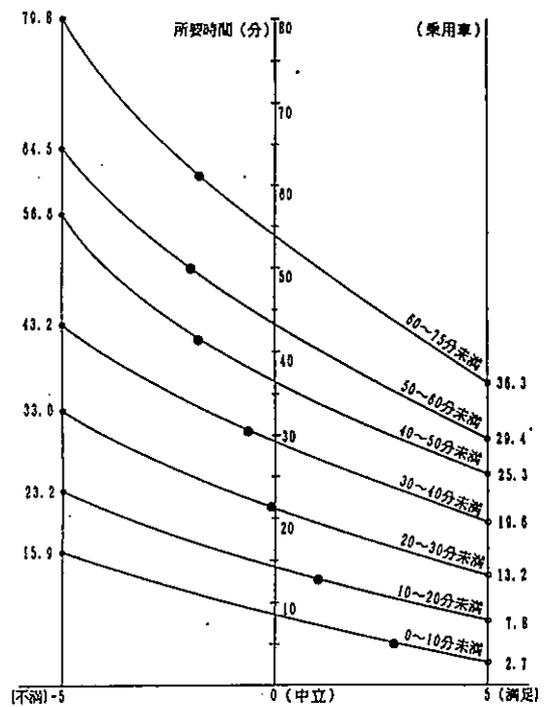


図 4-1-19 私事目的の所要時間別満足度

5) OD別にみた満足度特性

① 方面別満足度特性

金沢都市圏における全目的・全手段による実際のODペア（起終点）と満足度の関係をBゾーンで集計して、示したものが図4-1-20～図4-1-22である。また、サンプル数の多い通勤通学目的における都心集中ODペアと満足度の関係を同様に示したものが図4-1-23である。ただし、いずれもサンプル数が3未満のものは除いている。

目的別にみた満足度特性での結果と同様に、通勤通学目的の方が満足度評価が厳しいものとなっている。

全目的で満足度評価が低いODペアは、都心集中ODでみると南西方面・北東方面を中心とした主に河川を横断するODとなっている（図4-1-20・図4-1-23）。都心発生OD及び郊外間ODでは、都心集中ODと同様に河川を横断するODとともに、混雑の激しい都心を通過するものや、JRを横断するODが満足度評価が厳しいという特徴が見られる（図4-1-21・図4-1-22）。

Bゾーン間のOD別満足度評価について、その値が低いものを整理すると、(a)河川の横断交通容量が実際の交通量に比べて小さい断面を通過するOD、(b)混雑の激しい都心を通過する郊外間ODが特に満足度が低くなっている。これらはいずれも市民から不満が出されているODを含んでおり、日常的な感覚と合致している。

これらのODは、交通混雑による慢性的な交通渋滞の発生を伴っており、旅行距離に比べて所要時間が大きいため、満足度が低いと考えられる。

一方、旅行距離が長いODであっても道路整備などにより所要時間が小さいODについては、満足度評価が中立もしくは+（満足）となる傾向がある。特に、都心部北西方面のJRによるゾーン境界では、長年激しい交通渋滞が発生していたが、アンケート調査の直前に連続立体高架事業及び都市計画道路整備事業が概成し、著しく交通状況が改善したために、そのようなODでは他に比べて満足度が高くなっている（図4-1-21）。

② 所要時間・距離と満足度の関係

都心集中、都心発生、郊外間の各ODペアごとに所要時間と距離ならびに満足度との関係をBゾーンで集計し、示したものが図4-1-24～図4-1-26である。なお、図中に示した曲線は、満足度評価が中立（0）となる分布を近似するものである。

この曲線よりも、所要時間が短い領域に分布するODについては、満足度が概ね+（満足）となっており、逆に所要時間が長い領域に分布するODでは-（不満）と評価されている。

したがって、この曲線を旅行距離と所要時間による「満足度評価中立曲線」とする。この満足度評価中立曲線については、都心集中、都心発生、郊外間ODのいずれについても

[全目的・全手段]

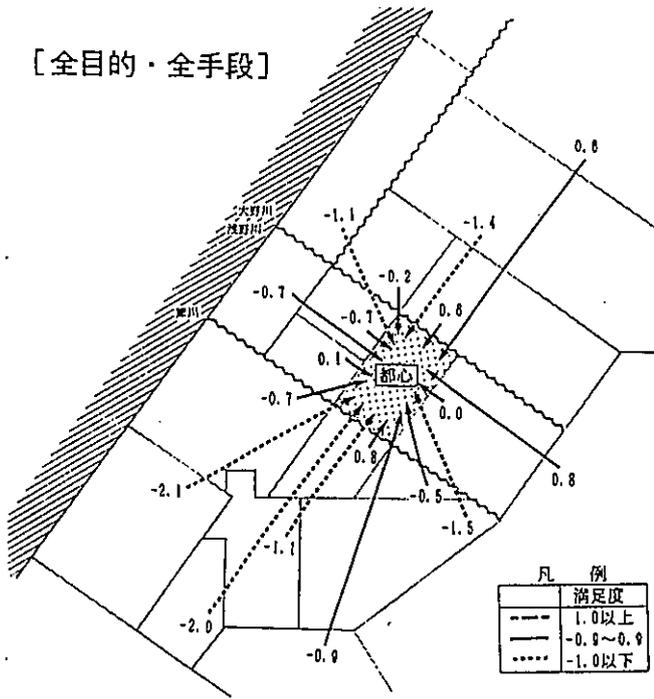


図 4-1-20 都心集中トリップのOD別満足度

[全目的・全手段]

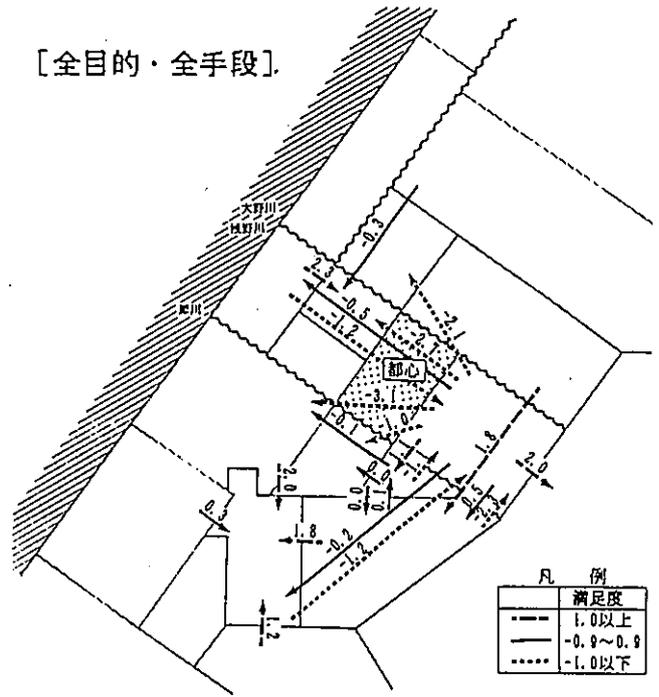


図 4-1-22 郊外間トリップのOD別満足度

[全目的・全手段]

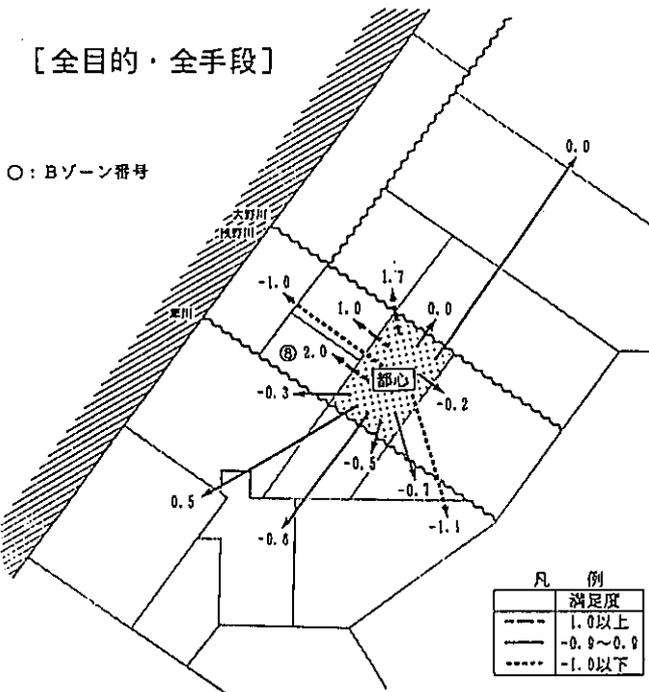


図 4-1-21 都心発生トリップのOD別満足度

[通勤通学目的・全手段]

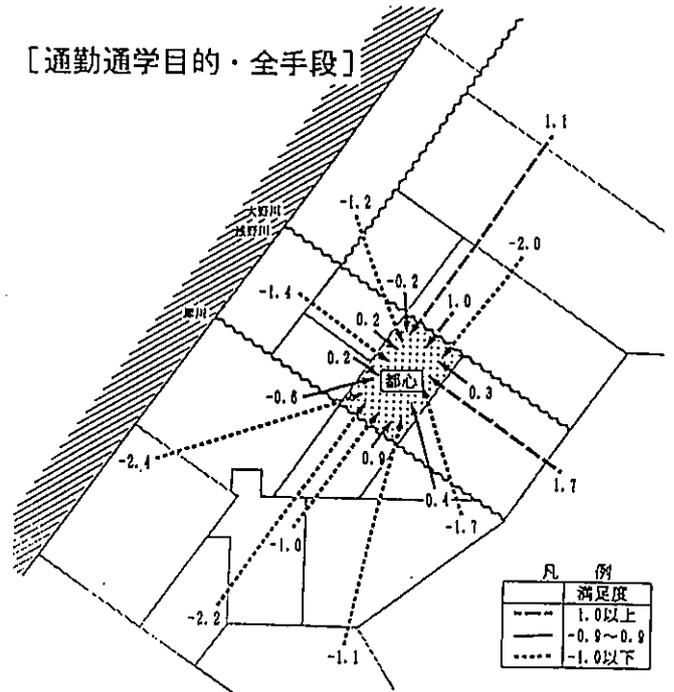


図 4-1-23 都心集中トリップのOD別満足度
(通勤通学目的・全手段)

同様のものとなっている。

この満足度評価中立曲線の形状から、評価が中立となる所要時間には漸近値が存在しており、距離が長くなっても許容所要時間はほとんど伸びず、長距離になる程高い速度を望む傾向がある。これは、距離によって利用者が主観的に許容できる所要時間が存在していることを表しているものと考えられる。

すなわち、道路利用者にとっての主観的な道路網サービス水準は、平均旅行速度ではなく、距離に応じた所要時間であるといえる。

また、満足度評価中立曲線から所要時間が乖離する程、その乖離の度合いによって満足度評価の絶対値が概ね大きくなっている。

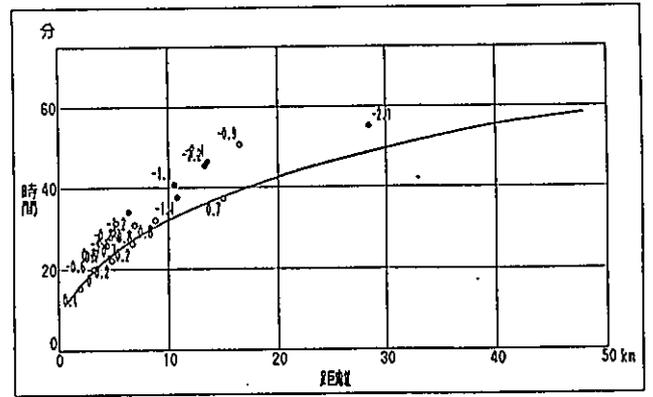
さらに、この満足度評価中立曲線及び旅行距離・所要時間のOD分布(図4-1-24～図4-1-26)と図4-1-20～図4-1-23との関係から満足度評価が- (不満足) とされたODについては、所要時間が5～10分程度短縮されれば評価を中立とすることが可能であることがわかる。

ただし、連続立体高架事業の概成により、幹線の交通混雑が著しく改善された都心→8ゾーンへのOD(図4-1-25)は、事業直後の特殊要因として分析対象から除く必要がある。

6) おわりに

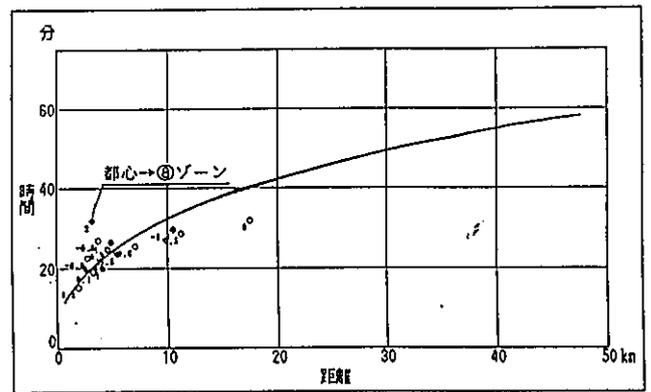
① 本研究の成果

本研究では、道路利用者にとって理解



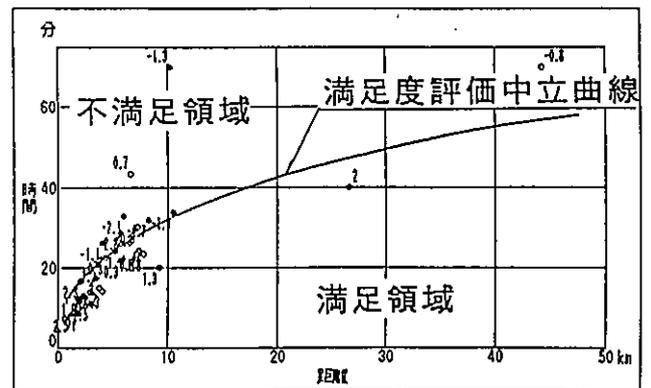
全目的全手段
都心集中OD

図 4-1-24 所要時間・距離分布と満足度の関係



全目的全手段
都心発生OD

図 4-1-25 所要時間・距離分布と満足度の関係



全目的全手段
郊外間OD

図 4-1-26 所要時間・距離分布と満足度の関係

しやすい主観的指標の旅行時間満足度を道路網サービス水準評価指標として分析し、満足度の傾向と所要時間及び旅行距離との関連性を明らかにした。

得られた成果は次のとおりである。

(a)現実の道路交通状況から、道路利用者が許容し得る旅行時間の定量化を可能とした。これによって、道路利用者が現在のサービス水準を、どのように評価しているかを

明らかにすることができた。そしてそれにより、道路利用者にとって理解しやすい道路整備水準評価が可能となった。

(b)満足度評価が－（不満足）とされているODについては、概ね5～10分程度の短縮で満足度評価を中立とすることが可能であると予測される。

(c)満足度評価中立曲線と実際のODの距離及び所要時間の乖離状況から道路利用者の満足度が予測できる。これをもとに達成すべき道路網サービス水準を道路利用者にも分りやすい形で設定することが可能である。

また、具体的な整備方策に向けて、以下の点を導くことができる。

(d)全目的において、満足度評価が－（不満足）側に大きいゾーン間ODについては、全日を通じての評価であり、道路の改良・新設や新たな公共交通システムの導入などハードウェア対策による所要時間短縮を図る必要がある。

(e)通勤通学目的を中心として満足度評価が－（不満足）とされているODについては、ピーク時を中心とした評価であることから、就業時間の分散化・リバーシブルレーンの設置・パークアンドライドシステムの導入などソフトウェア対策を重視することが効率的な対応策である。

② 今後の課題と展望

図 4-1-17 ～図 4-1-19 の結果を用いて現状の所要時間と満足度評価が中立（満足度 = 0）となる時間（許容所要時間）との比（満足度許容時間比）を求めたものが表 4-1-1で

表 4-1-1 所要時間の満足度許容時間比（乗用車）

現状所要時間		許容所要時間				比
時間区分	平均	通勤	業務	私事	平均	
60～74	61.2	48.7	58.3	53.8	53.6	0.876
50～59	50.5	43.4	47.4	43.2	44.6	0.883
40～49	41.2	35.4	38.7	36.3	36.8	0.893
30～39	30.6	25.9	29.3	29.2	28.1	0.918
20～29	21.3	22.2	20.9	21.1	21.4	1.005
10～19	12.9	15.6	14.2	14.1	14.6	1.132
0～9	5.4	12.2	6.6	8.5	9.1	1.685

ある。

表 4-1-1に示す満足度許容時間比（許容／現状比）を満足度指標による許容サービス水準として用いることによって、道路利用者の旅行時間満足度を評価尺度とした道路網容量評価が可能である。金沢都市圏の道路ネットワークとこの満足度許容時間比を用いた道路網交通容量評価法を研究中であり、今後研究を進める必要がある。

最後に、本調査を進めるにあたり、金沢市都市政策部交通対策課並びに石川県土木部都市計画課の協力を得た。また、研究をまとめるにあたり、（株）計画情報研究所・濱 博一氏の多大な協力を得た。ここに記して、心から感謝の意を表したい。

参考文献

- (1) 西村 昂（1987）：ネットワーク容量の計画、土木学会編・土木計画学講習会テキスト、Vol.18, pp.126～138.
- (2) 飯田恭敬（1972）：道路網の最大容量の計画法、土木学会論文報告集、第 205号、pp. 121～129.
- (3) 西村 昂（1975）：ルート配分法による最大ODふろー問題へのアプローチ、土木学会論文報告集、第 242号、pp. 53～62.
- (4) 西村 昂（1976）：道路網容量理論に関する一考察、土木学会論文報告集、第 249号、pp.113～120.
- (5) 朝倉康夫（1988）：道路網の最大容量からみた都市内ゾーンの活動許容量に関する研究、都市計画論文集、第 23号、pp.385～390.
- (6) 榎谷有三（1985）：道路網容量による道路網の感度分析とその応用に関する基礎的研究、北海道大学・博士学位論文.
- (7) 高山純一・小田満広（1988）：旅行時間に対する満足度からみた道路網評価法、日本道路会議・一般論文集、Vol.17, pp.1028～1029.
- (8) 高山純一・濱 博一（1992）：道路網のサービスレベル設定のための旅行時間満足度調査、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp. 391～392 .

4-2 都市内信号交差点における交通渋滞緩和のための 道路整備計画評価

1) はじめに

近年、都市内では朝夕のラッシュ時のみならず日中においてさえも、慢性的な交通渋滞に悩まされている。交通渋滞は、人の移動や物流に大きな影響を与え、ひいては都市機能の衰退化につながりかねない。こうしたことより都市内交通渋滞を緩和するための方策がいろいろ検討されてきている。

交通渋滞を解消するための道路交通政策を評価するには、交通渋滞現象を記述できるモデルが必要であり、このようなことより、交通渋滞を考慮した交通量配分モデルの開発が行われてきている。しかし、従来のモデルは、いずれも信号交差点を明示的に取り扱っておらず、ボトルネックとなる都市内信号交差点の改良計画や、交差点容量を考慮した道路網容量の評価に用いるには十分とはいえない。そこで、ここでは信号交差点での平均遅れ時間を明示的に考慮した配分モデル¹⁾を提案し、交通渋滞緩和のための道路整備計画の立案、評価に応用することを目的とする。なお、このモデルは混雑したリンクにおける交通量とリンク走行所要時間の関係の中に、信号による平均遅れ時間（平均待ち時間）を明示的に取り入れたところに特徴があり、実用配分モデルである分割配分法を基本としたモデルである。

ところで、従来の交通量配分問題は、その多くが静的交通量配分問題であり、通常、1日交通量を対象として、終日の平均的な配分パターンを求めるものであった。しかし、実際の道路の利用のされ方には、時間的に大きな違いがある。そこで、道路網の効率的な運用を図り、環境や経済面等から道路網の総合的評価を行うためには、配分交通量予測手法として時間的な交通量の変動を記述できる動的手法が必要とされる。

これまでに提案してきた信号交差点を組み込んだ交通量配分モデルは、1時間交通量を対象とすることで、時間的な変動を考慮していた。しかし前時間帯の影響を全く考慮していないことなどにより、現実の交通渋滞現象を必ずしも忠実に表現できないなどの課題が残されていた。そこで本研究では、信号交差点を組み込んだ交通量配分モデルを動的な配分モデルに改良し、その適用性を検討するものである。

2) 信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデル¹⁾

ここでは本研究で提案する動的モデルの基本モデルとなる信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデルについて、その考え方を説明する。この配分モデルは、混雑したリンクにおける交通量とリンク走行所要時間の関係の中に、信号による平均遅れ時間（平均待ち

時間)を明示的に取り入れたところに特徴がある。一般に、信号交差点の交通容量は、①交差点の構造諸元(交差点形状、流入部車線幅員、縦断勾配)、②信号制御方式(信号現示方式)および③交通需要量(車種構成、右左折直進交通量、横断歩行者需要)などにより決まるものである。本モデルでは、各分割配分段階ごとにそれぞれの交差点における交通容量解析と最短経路探索を繰り返すことによって、交通量配分を行う。具体的には、分割配分法により配分された交通量から各交差点の需要交通量(右左折直進交通量、対向直進交通量など)を計算し、与えられた信号現示方式について交差点の容量解析(飽和交通流率、正規化交通量、現示の飽和度、交差点飽和度の計算)を行う。その結果、交差点を通過する需要交通量が交通容量を超過した場合、その超過分が渋滞列を形成することになる。なお交差点の容量解析は、「平面交差点の計画と設計(交通工学研究会)」に基づいている。

渋滞列のモデル化を図4-2-1に示す。2つの交差点A・Bに挟まれたある任意のリンク(リンク長: L)において、交差点Aの流入部で渋滞列が生じたとする。このとき、このリンクを自由流領域[速度: $V_1(Q)$]と渋滞領域[渋滞長: L_2 、速度: $V_2(Q)$]に分け、そのリンクの走行所要時間を式(1)~(2)に示すように仮想的な自由流領域での走行所要時間 [$L/V_1(Q)$]と信号による平均遅れ時間 y (y_{max} : 飽和状態における平均遅れ時間)およびリンク終端における仮想的な待ち時間 $w = \{L_2/V_2(Q) - L_2/V_1(Q)\}$ の和として表す。ただし、交差点手前の1サイクルで処理される交通量が占める領域 [L_1]は自由流領域として扱った。

(i) 渋滞列のない場合 ($0 \leq Q \leq C$)

$$t = L/V_1(Q) + y \quad (1)$$

(ii) 渋滞列がある場合 ($C < Q < C_{max}$)

$$t = L/V_1(Q) + y_{max} + w \quad (2)$$

ここに、 Q はリンク上を流れる交通量であり、 C はリンク終端における端末交通容量(ボトルネックとなる交差点の交通容量)である。また、 C_{max} はリンクの区間交通容量である。本研究では時間帯を区切って交通量配分を行うので、渋滞列が発生する状態(過飽和状態)を $C < Q < C_{max}$ と考えた。

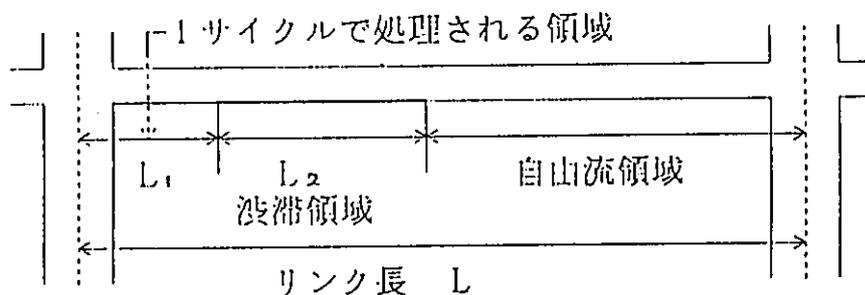


図4-2-1 渋滞列のモデル化

3) 交通量配分モデルの動的化

動的交通量配分とは時々刻々と変動する時間的にも空間的にも非定常なネットワーク交通流を時間を追って表現する手法をいい、特に渋滞や待ち行列を含む交通流の記述には欠かせない。

本研究で提案する動的交通量配分モデルは、マクロ的なモデルであり、地域レベルでの道路整備計画の立案、評価（交通運用計画や信号制御の改良が交通渋滞緩和に及ぼす影響の評価を含む）を行うモデルの構築を目指している。また都市圏規模での交通需要の時間変動を捉えるモデルとして時間帯別交通量配分モデル（半動的モデル）があるが、この手法を用いたモデルもあわせて提案する。

①動的交通量配分モデル（動的モデル）

モデルの考え方は、マクロシミュレーションモデルの方法を採用している。具体的には、時間のある程度の長さに離散化し、経路選択はODペアごとに行うものである。また経路選択規範は、それぞれドライバーは完全情報が与えられているものとし、移り変わる時間帯の初期の段階で最短経路を選択するものとする（図4-2-2）。交通流モデルでは、リンクへの流入・流出関係を用いて記述する。リンクへの流入交通量と流出交通量は等しいものとし、信号交差点で捌けない交通量（リンク中の滞留交通量）が生じた場合は、流出交通量 = 流入交通量 - 滞留交通量とする。そして滞留交通量は次の時間帯に改めて配分を行うものとしている

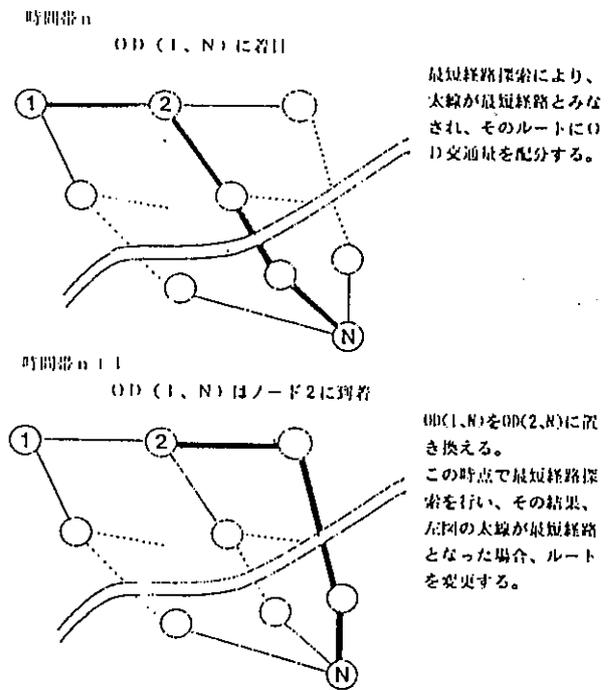


図4-2-2 本モデルの経路選択行動

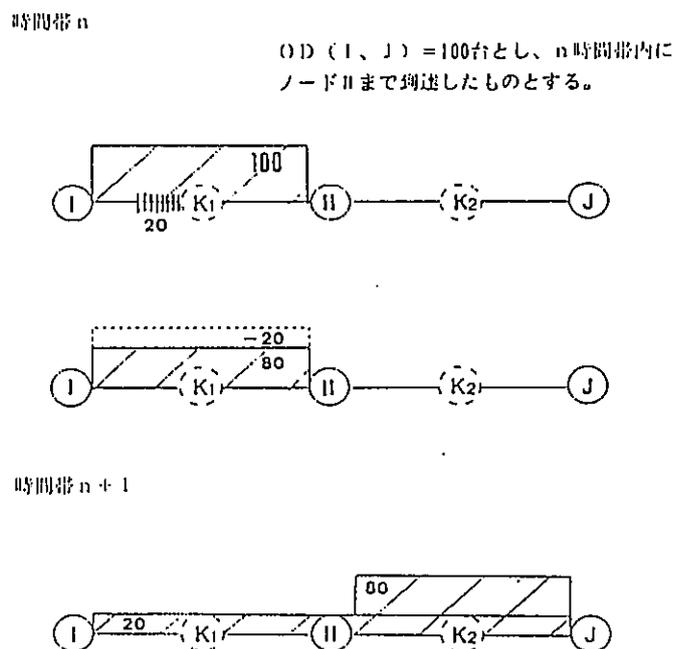


図4-2-3 リンク交通量の流入・流出関係

(図4-2-3)。これにより、空間的な交通量の時間変動を表現し、静的配分では不可能であったボトルネック交差点が及ぼす交通流の影響を表現している。したがって渋滞の激しいボトルネック交差点の立体化や信号制御の改良がその交差点での渋滞緩和にどのような効果があるかを予測できるだけでなく、それに伴う交通流の変化がその他の交差点にどのような影響を及ぼすかを予測することも可能になると考えられる。

なお、本モデルでは、交通量の発生・集中は発生・集中ノードからとし、リンク途中や、信号交差点ノードでは行っていない。このため発生・集中ノードはできるだけ密に設置することが望ましいと思われる。ま

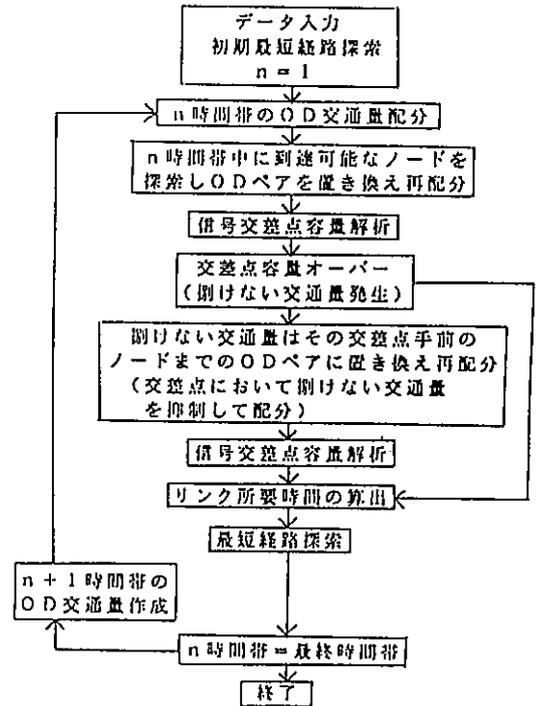


図4-2-4 動的モデルのフロー図

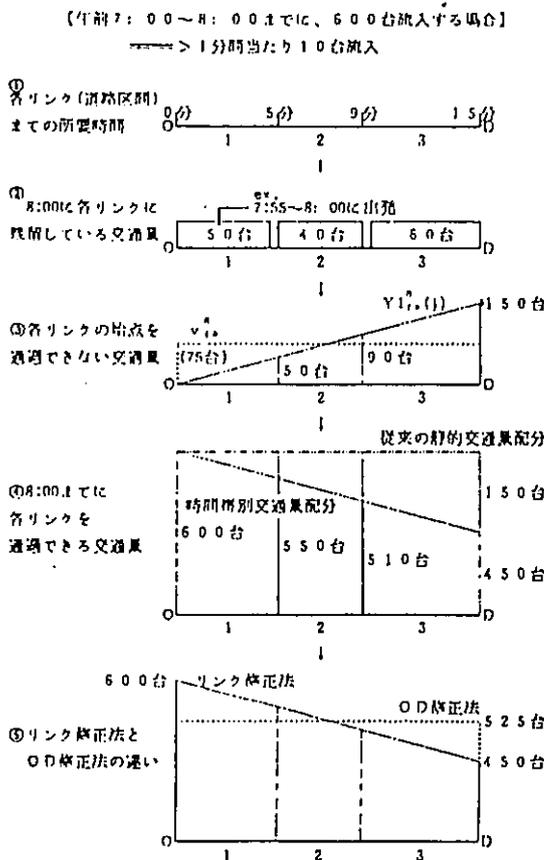


図4-2-5 半動的モデルの概念図³⁾

た時間帯幅もある程度の幅(10分程度)を持たせることが必要だと思われる。本モデルのフローを図4-2-4に示す。

②時間帯別交通量配分モデル(半動的モデル)

ネットワーク流を時間帯別に捉えようとする時間帯別交通量配分モデルは、そのモデル構造が従来の静的な交通量配分手法に基づいているため、実用的で大規模ネットワークにも適用できるという特徴を持っている。しかも前時間帯のネットワーク流残存量の、次の時間帯の交通量配分への影響が考慮されているという意味で動的特性を有しており、半動的配分モデルと呼ぶこともできる。

ここでは、信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデルの配分結果について隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足するための修正を行うものである。その方法は、藤田ら²⁾が既に提案している2つの方法を応用するものとす

る。第1の方法は、交通流の保存条件のための修正をリンク交通量レベルで行うリンク修正法であり、第2の方法は、OD交通量レベルで行うOD修正法である。これら2通りの修正法の概念図を図4-2-5に示す。本研究では、これらの方法を分割配分法である、信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデルに組み込み、前時間帯での交通流の影響を考慮できるように改良した。

4) モデルの適用性

① 動的モデルの適用性

図4-2-6に今回適用した動的モデルのネットワーク図(信号交差点数4、セントロイド数11、リンク数(方向別)30)を示す。OD交通量データは、各セントロイドの発生強度を等しいものとし、図4-2-7のようにピーク時を設けた。なお時間帯幅は10分と設定し、36回配分した。また配分初期のOD間所要時間は、最も時間のかかるODペア(1、8)で11分であった。

シミュレーションによる分析は、ア) 時間変動に伴う渋滞列の延伸状況の確認、イ) ボトルネック交差点での捌けない交通量の抑制の効果、ウ) ボトルネック交差点の改良による影響評価について行い、本研究で提案した動的モデルの特性やその限界点について考察する。

ア) 時間変動に伴う渋滞列の延伸状況の確認

配分を行った結果、交差点13がボトルネックとなりその流入リンク9、12、15で渋滞列が生じた。図4-2-8に時間変動に伴う配分交通量と渋滞列の延伸状況を示す。配分回数6回目より交通量の増加に伴い渋滞列が延びていき、その後渋滞が解消していく様子が見られる。ピーク時間を過ぎた配分回数13回目に渋滞列が生じているのは、前の時間帯までに捌けなかった交通量が残留交通量として配分されたためだと考えられる。他の交差点はいずれも飽和度が臨界飽和度を上回ることはなく、渋滞列は生じなかった。

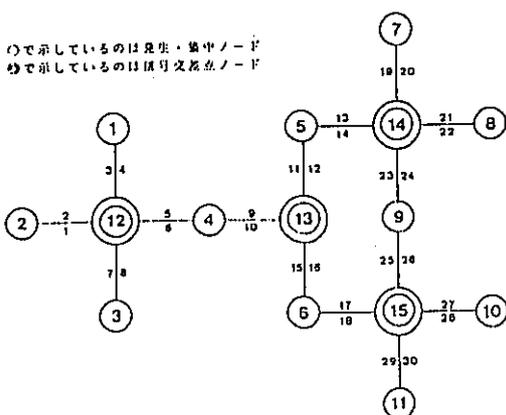


図4-2-6 動的モデルに適用したネットワーク

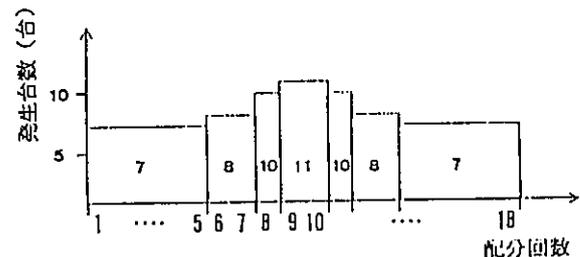


図4-2-7 発生交通量の変動パターン

イ) ボトルネック交差点での
捌けない交通量の抑制の効果

表4-2-1に示すように捌けない交通量を抑制して配分することで、ボトルネックが存在する場合の交通流を表現することができた。

ウ) ボトルネック交差点13の
信号現示を図4-2-9のように改良したことによる影響評価

この改良は、方向1、3から方向2への交通をよりスムーズに捌けるようにしたものである。

改良前と改良後の配分結果をそれぞれ図4-2-10、11に示す。この改良により、交差点飽和度が0.953から0.938に減少し、渋滞列が短くなっている様子が分かる。特に流入方向3からの右折がしやすくなり、その方向での渋滞列が大きく短縮され、また流入交通量が増加している様子が分かる。そしてボトルネック交差点13で捌けない交通量が減少したため、他の信号交差点流入部の交通量が増加し、それぞれ交差点飽和度が増加している。このように本モデルでは、信号交差点や信号制御方式の改良がその交差点だけでなく、他へ及ぼす影響も評価できるといえる。

②半動的モデルの適用性

半動的モデルの適用性を検討するため、実際規模の金沢都市圏ネットワークへ適用し、従来の静的配分法と実績再現性の比較をした。評価項目としては、ア) 実績値と推定値のRMS誤差、イ) 実績値と推定値の相

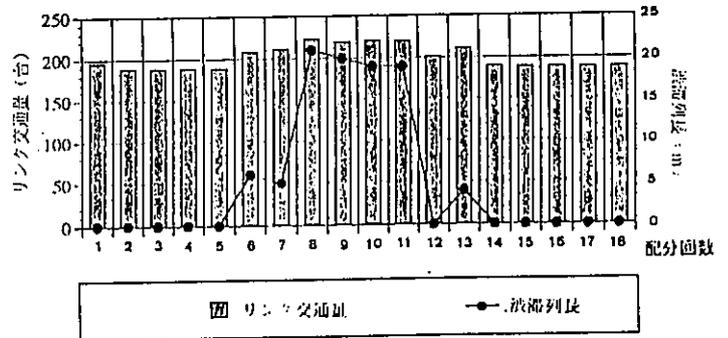


図4-2-8 時間変動に伴う交通量と渋滞列の変化

表4-2-1 ボトルネック交差点13からの流出交通量 (配分9回目)

	交差点飽和度	流出台数 (リンク10)	流出台数 (リンク11)	流出台数 (リンク16)
捌けない交通量を抑制する	0.953	232	126	150
抑制しない	1.126	277	147	172

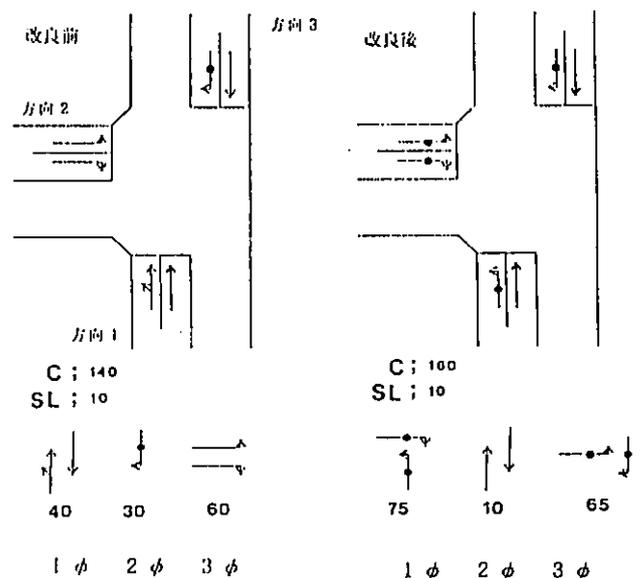


図4-2-9 信号交差点13の改良

リンク中の数字は配分交通量(台)
 円で囲んだ数字は交差点飽和度

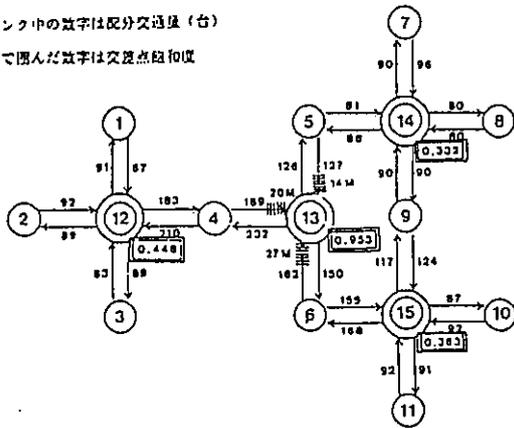


図4-2-10 交差点改良前の配分結果

リンク中の数字は配分交通量(台)
 円で囲んだ数字は交差点飽和度

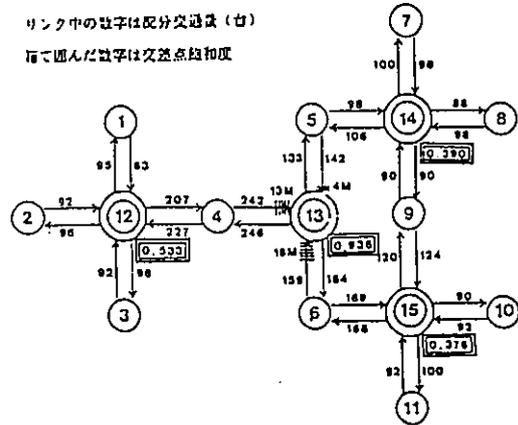


図4-2-11 交差点改良後の配分結果

相関係数、ウ) 渋滞区間の発生箇所の3項目を用いた。

ゾーニングやネットワークの作成は、昭和59年度の第2回金沢都市圏パーソントリップ調査を参考にした。

時間OD交通量は、昭和59年度パーソントリップ調査におけるCゾーン区分によるOD交通量データを1時間単位、出発時点をベースとして集計し、補正・補完を加えたものを用いる。

ネットワークの作成は、上記パーソントリップ調査で用いた道路ネットワークを参考とし、交通渋滞が問題化している都市内の主な信号交差点を中心に配分対象ネットワーク(信号交差点数113、セントロイド数89、リンク数(方向別)542)を作成した。

ネットワークを図4-2-12に示す。また、交差点形状、信号現示企画は交通管制センターのデータを参考にした。

ア) 実績値と推定値のRMS誤差(表4-2-2)

ピーク時間帯である7時台、8時台において修正計算を行ったものが誤差が小さいことがわかる。



図4-2-12 金沢都市圏ネットワーク

イ) 実績値と推定値の相関関係 (図4-2-13)

これについてもOD修正法の相関が高く、ばらつきも小さくなっている。リンク修正法は他の3手法に比べ、相関係数が悪くなっている。この理由として(a)修正を行う際に用いる所要時間が、最適解としての所要時間ではなく、実際とは異なっていると考えられる修正前の所要時間を用いていること、(b)修正を行う経路が、修正前に求めた最短経路であり、実際によく使われる主要経路とは異なっていると考えられること、が考えられる。

ウ) 渋滞区間の発生箇所

本モデルの特徴の一つに飽和交差点や渋滞列長が明示的に出力できることがあげられ、ここでは3手法による渋滞区間を比較する。

図4-2-14において、リンク上に太く記されているところが、本モデルで出力された渋滞区間である。従来の静的配分法では、8時台での渋滞箇所が非常に多いのに対し、9時台では渋滞箇所がかなり減少している。これに対しリンク修正法、OD修正法の半動的モデルでは、9時台においても渋滞箇所が都心部を中心に残っている様子がわかる。これより8時台に都心部の目的地へ到着できなかった交通が9時台に残留し渋滞が残っている現象を表現しているといえる。

これらの結果より、3種類の配分手法の中でOD修正法が最も精度よく時間交通量を推定でき、とくにピーク時において適用性が高いといえる。これらは、藤田ら²⁾の適合度分析とほぼ同じ傾向を示した。さら

表4-2-2 推定値と実績値のRMS誤差
(%RMS誤差)

	7時台	8時台	9時台
リンク修正法	242(36.7%)	300(38.2%)	239(33.1%)
OD修正法	212(32.1%)	266(33.9%)	255(35.3%)
従来の配分法	256(38.8%)	319(40.6%)	215(29.8%)

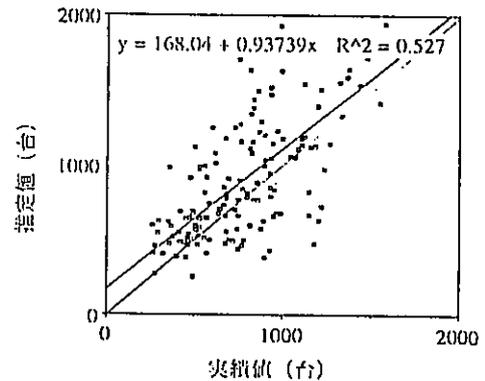


図4-2-13(a) 実績値と推定値の相関図
(従来法、8時台)

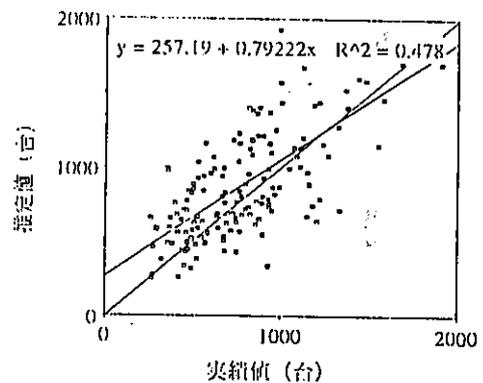


図4-2-13(b) 実績値と推定値の相関図
(リンク修正法、8時台)

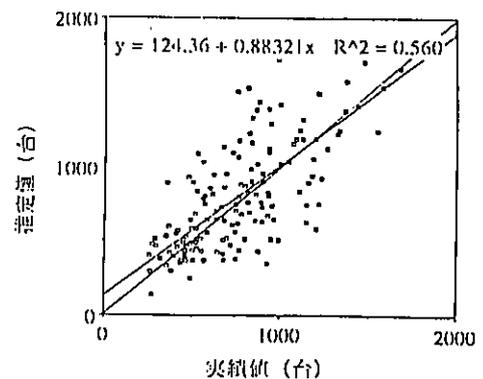


図4-2-13(c) 実績値と推定値の相関図
(OD修正法、8時台)

に計算容量、計算時間の点を考慮して、OD修正法が最も実用性が高いといえる。

また今回適用したネットワークが比較的都市圏の中心部であり範囲が限定されていることから、郊外から都心へ流入する交通があまり明確に現れず、これより半動的モデルによる交通量の修正がそれほど大きな影響を与えなかったということが考えられる。したがって対象ネットワークを郊外部まで拡大することで、半動的化によるモデル改良効果がより大きく現れるのではないかとと思われる。

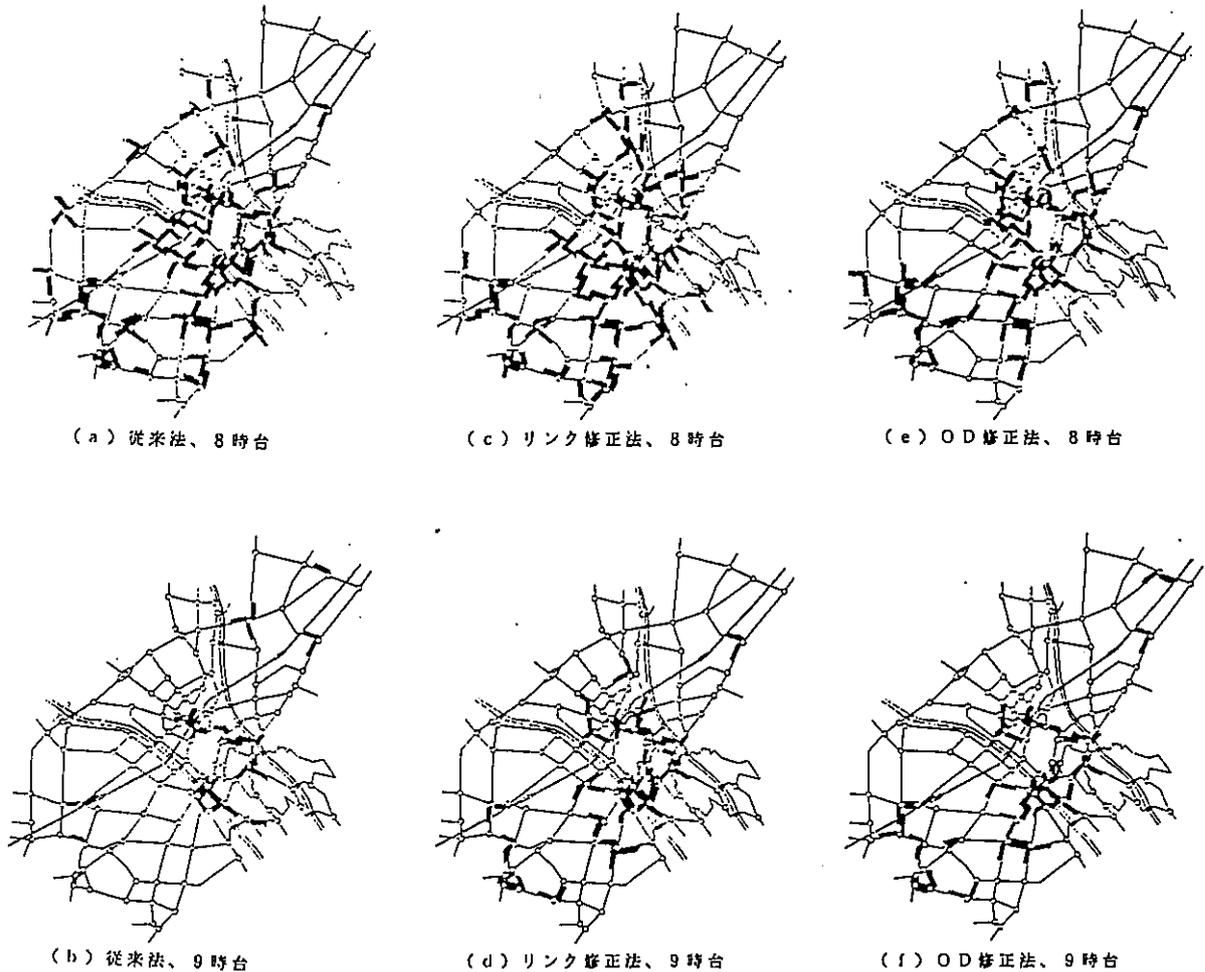


図4-2-1.4 モデルで出力された渋滞区間

5) おわりに

本研究は、都市内における交通渋滞緩和のための交通政策を立案・評価できるモデル開発を目的として、その基礎となる時間交通量配分モデルの開発を行った。具体的には、都市内のボトルネック交差点の改良計画やバスレーンの導入、交通制御等の交通管理運用計画、あるいは道路網容量の算出や都市内道路網のソフトウェア的代替案の評価を行うことを目的として、動的な交通量配分モデル、並びに半動的モデルを提案し、その適用性を検討した。動的モデルについては次のような成果が得られた。

①時間変動に伴う渋滞列の延伸と解消が表現できた。

②ボトルネック交差点での捌けない交通量を抑制して配分することで、ボトルネックが存在する場合の交通流を表現することができた。すなわち、ボトルネック交差点が他の交差点に与える影響を記述することができた。

③したがって、ボトルネックを解消することによる影響評価や信号制御の改良がその地域へ及ぼす影響などを評価できるようになった。これにより、都市内道路のハード的な整備計画ならびにソフト的な交通運用策の立案、評価を行うことができると思われる。

一方、半動的モデルを金沢都市圏に適用したところ次の成果が得られた。

④リンク修正法、OD修正法いずれの方法も修正計算を行うことで、前の時間帯における残留交通量を考慮することができた。

⑤ピーク時間帯において、交通量の保存則を満足するための修正計算を行う必要があると思われ、OD修正法が実績再現性が高く最も実用性が高いことがわかった。

⑥リンク修正法は、修正を行う際に用いる所要時間や通過経路を正確に求めることができず、そのため誤差が大きくなることがわかった。

今後の課題として、動的モデルではボトルネック交差点での捌けない交通量をその手前より減じている点が挙げられ、これを交差点の流入部と流出部で交通量の差を明示的に記述できるようモデルを改良することで、より現実的なボトルネック交差点における交通流の表現ができるものと思われる。

また、半動的モデルの問題点として、修正を行う際に用いる所要時間や通過経路が、修正前に求めた最短経路であり、実際の経路とは異なっていると考えられる点が挙げられる。以上の点が今後の課題といえる。

最後に、本研究を進めるにあたり、金沢大学大学院工学研究科土木建設工学専攻、亀谷靖文君の多大な協力を得た。ここに記すとともに感謝したい。

参考文献

- 1) 高山純一、中村光生、飯田恭敬(1990); 信号遅れ時間を考慮した時間交通量配分モデルに関する研究、交通工学研究発表会論文集、No. 10、pp. 97-100
- 2) 藤田素弘、山本幸司、溝上章志(1988); 時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究、土木学会論文集、第389号、IV-8、pp.239-242
- 3) 藤田素弘、山本幸司、松井寛(1990); 時間帯別分割配分法の開発と実用化、交通工学、Vol. 25、No. 5、pp. 25-33
- 4) 高山純一、亀谷靖文、中村光生(1993); 信号交差点における先づまり現象を考慮した時間交通量配分モデル、交通工学研究発表会論文集、No. 13、pp. 129-132
- 5) 高山純一、亀谷靖文、中村光生(1993); 信号交差点を組み込んだ時間交通量配分の改良について、土木計画学研究・講演集、16(1)、pp. 981-986

4-3 社会基盤整備における地盤評価

1) はじめに

1994年1月17日にロサンゼルス郊外を襲ったノースリッジ地震においては、都市ライフラインに甚大な被害が生じ、都市機能が一時的に麻痺する事態に陥った。このように、都市化の進んだ現代においては、都市ライフラインの機能維持が都市生活を営む上で欠くべからざる条件となっている。しかも、わが国の大都市のほとんどは沖積平野上に発達しているため、地震時には液状化などの地盤破壊によるライフラインの被害が深刻になるものと予想される。

そこで本節では、社会基盤整備における地盤評価として、まず地震時の液状化危険度評価を取り上げる。液状化予測に関しては、1964年新潟地震以降活発に調査、研究が実施され、液状化に対する考慮が一部の耐震設計指針に取り込まれるまでになり、液状化対策工法も一部実用に供されている。しかし、これらの耐震設計に取り込まれている液状化予測法は、ある一地点についての予測であり、面的に広がりを持つライフラインの液状化対策には十分とは言い難い。そこで本研究では、液状化領域の空間分布の推定法を提案し、その有効性と問題点について検討する。液状化予測法としては、簡易手法である液状化安全率 F_L を用いる方法が広く用いられている。 F_L 値は既存あるいは新規のボーリングデータに基づいて簡易式より算出されるものである。したがって、建築物を建設するような場合にはボーリング調査などが行われるのが一般的であるので、この予測法は極めて有用である。しかし一方では、ボーリング調査が行われていない地点では予測ができない。ここでは、限られた数のボーリングデータに基づいて、ボーリングデータの無い地点を含んだ空間的な液状化予測手法について考える。

つぎに、地震時の地盤震動に注目した地盤評価法について検討する。ここでは、1989年にサンフランシスコ周辺地域に甚大な被害を及ぼした、ロマ・プリエタ地震におけるサンフランシスコ市の地震動評価をケーススタディとしてを取り上げ、表層地盤の地層構成が地表面における地震動強度に与える影響について検討する。

2) 形状補関数を用いた液状化領域の空間分布予測手法

まずはじめに、有限要素解析や境界要素解析で用いられる形状補関数を用いる手法について述べる。

図4-3-1に示すような12点において F_L 値が得られている場合に、その12点で囲まれた領域内の任意の点における F_L 値は、以下の式によって求めることができる。すなわち、

$$Z = \sum_{i=1}^{12} N_i(\xi, \eta) \cdot Z_i \quad (-1 \leq \xi \leq 1, -1 \leq \eta \leq 1) \quad (4-3-1)$$

ここに,

$$N_1(\xi, \eta) = \frac{1}{32} \cdot (1 - \xi) \cdot (1 - \eta) \cdot \{-10 + 9 \cdot (\xi^2 + \eta^2)\}$$

$$N_2(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 - \eta) \cdot (1 - \xi^2) \cdot (1 - 3\xi)$$

$$N_3(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 - \eta) \cdot (1 - \xi^2) \cdot (1 + 3\xi)$$

$$N_4(\xi, \eta) = \frac{1}{32} \cdot (1 + \xi) \cdot (1 - \eta) \cdot \{-10 + 9 \cdot (\xi^2 + \eta^2)\}$$

$$N_5(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 + \xi) \cdot (1 - \eta^2) \cdot (1 - 3\eta)$$

$$N_6(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 + \xi) \cdot (1 - \eta^2) \cdot (1 + 3\eta)$$

$$V_7(\xi, \eta) = \frac{1}{32} \cdot (1 + \xi) \cdot (1 + \eta) \cdot \{-10 + 9 \cdot (\xi^2 + \eta^2)\}$$

$$V_8(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 + \eta) \cdot (1 - \xi^2) \cdot (1 + 3\xi)$$

$$V_9(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 + \eta) \cdot (1 - \xi^2) \cdot (1 - 3\xi)$$

$$V_{10}(\xi, \eta) = \frac{1}{32} \cdot (1 - \xi) \cdot (1 + \eta) \cdot \{-10 + 9 \cdot (\xi^2 + \eta^2)\}$$

$$V_{11}(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 - \xi) \cdot (1 - \eta^2) \cdot (1 + 3\eta)$$

$$V_{12}(\xi, \eta) = \frac{9}{32} \cdot (1 - \xi) \cdot (1 - \eta^2) \cdot (1 - 3\eta)$$

Z_i ($i=1,2,3,\dots,12$) は一定の深さにおける i 地点の液状化安全率であり, ボーリング調査から得られるものである. しかしながら, ボーリング調査が図4-3-1に示すような四辺形の辺上と角にあることは極めて稀である. そこで, 任意の12角形に対応するために式(4-3-1)に修正を加える必要がある. すなわち, 図4-3-2に示す全体座標系と図4-3-1に示した局部座標系との間を, 次式によって変換しなければならない.

$$x = \sum_{i=1}^{12} N_i(\xi, \eta) \cdot x_i, \quad y = \sum_{i=1}^{12} N_i(\xi, \eta) \cdot y_i \quad (4-3-2)$$

3) Kriging法を用いた液状化領域の空間分布予測手法

液状化の予測を行うための手法として, 従来鉱山の鉱床の評価に用いられていた地盤統計手法であるKriging法の適用を考える.

地盤統計手法は2つの段階に分かれており, 第1段階は既知点の配置と既知のデ

ータからセミバリオグラム（分布特性の指標）を作り，被推定量の分布特性を知ることである．第2段階は，セミバリオグラムを用いてKriging法によってデータに重みを加え未知の点の推定量を算出することである．この手法を用いて推定を行うとき，対象領域において次の準定常性の仮定がなされる．

$$E\{[Z(x+h)-Z(x)]^2\}=2\gamma(h) \quad (4-3-3)$$

ここで， x は位置ベクトル， h は2点間の隔たりを表すベクトル， $Z(x_i)$ は位置 x_i における非推定量， $\gamma(h)$ はセミバリオグラム， $E[\]$ は期待値を表す．式(4-3-3)の右辺に現れる $\gamma(h)$ は距離 h のみの関数であり位置 x には関係しない．式(4-3-3)の条件を満たす変数 Z を限域変数といい，この手法ではこの限域変数を推定対象とする．

これから推定しようとしている空間分布量が準定常性の条件を満たすかどうかは，次のようにして判断する．すなわち，対象領域を設定し，対象領域内のすべてのデータから次式によりセミバリオグラムを計算する．

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N}\sum_{i=1}^N\{Z(x_i+\bar{h})-Z(x_i)\}^2 \quad (4-3-4)$$

$$\bar{h}=h\pm\Delta h$$

ここに N は距離 h （ベクトル）だけ離れたサンプルの組数である．このセミバリオグラム γ は実験バリオグラムと呼ばれ，これと理論モデルが適合すれば条件は満たされていると判断できる．

Kriging法はある点における推定値として，推定領域（点）の周囲の既知のデータに重みをかけた加重平均を考える方法である．加重平均は次式で表される．

$$Z(x_0)=\sum_{i=1}^n\lambda_i Z(x_i) \quad (4-3-5)$$

ここに， $Z(x_0)$ は x_i における推定値， n はサンプル数， $Z(x_i)$ は i 番目の計測点 x_i における計測データ， λ_i は重みである．式(4-3-5)によって推定値 $Z(x_0)$ を与えるとき，推定誤差の分散は次式で与えられる．

$$\sigma_E^2=2\sum_{i=1}^n\lambda_i\gamma(h_{i0})-\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^n\lambda_i\lambda_j\gamma(h_{ij}) \quad (4-3-6)$$

ここに， h_{ij} は2点 x_i ， x_j の間の距離， h_{i0} は2点 x_i ， x_0 の間の距離である．また，推定値の不偏条件は次式で表される．

$$\sum_{i=1}^n\lambda_i=1 \quad (4-3-7)$$

重み λ_i は式(4-3-6)の分散をLagrangeの未定係数法によって最小化する事によって決定される．未定係数 μ を導入すれば，式(4-3-6)が極値（最小値）をとるための必要条件は次のようになる．

$$\sum_{j=1}^n\lambda_j\gamma(h_{ij})+\mu=\gamma(h_{i0}) \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (4-3-8)$$

式(4-3-7), (4-3-8)を連立させて解けば, 最適解に対する重み λ_i 及び未定係数 μ が求められる. この λ_i を式(4-3-5)に代入して最適推定値を得る. また, 最適解に対する推定誤差の分散は次式で求められる.

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(h_{i0}) + \mu \quad (4-3-9)$$

以上の操作を, 推定対象点 x_0 を全対象領域内の各部分に動かして繰り返すことによって, Z の空間分布が推定される.

なお, Kriging法では, サンプルング点においては計測値に等しい推定値及び誤差分散0を与える.

4) 形状補間関数による解析結果

1948年福井地震において実際に液状化の発生したことが報告されている福井市の地盤を対象に解析を行った. 対象地域を含む福井平野の地形図を図4-3-3に示す. 同図には, 福井地震の際に液状化が生じたとされている地域とボーリングデータの得られている地点が示されている. 図中の四角で囲まれた地域を解析対象地域とした. 対象地域内には図4-3-4に示すように38本のボーリングデータがある.

図4-3-5に示すように38本のボーリングデータの最も外側にある12点のボーリングデータを用いて, この12点のデータで囲まれた地域の液状化危険度の平面分布を行う. 各ボーリングデータより, 12地点の各深さにおける F_L 値を求め, 深さごとの F_L 値の分布を求めた. ここでは, 地表面最大加速度は 200cm/s^2 で一定として F_L 値を求めた.

図4-3-6~4-3-8は, それぞれ地表面からの深さが2m, 4m, 6mにおける F_L 値の分布を示している. なおここでは, 深さ方向の F_L 値の相関は考慮していない. しかしながら, 図4-3-6~4-3-8における F_L 値が0.5を下回る地域に注目すると, 比較的良好な対応が見られる. また, これらの地域は図4-3-3に示した福井地震における液状化地域とも良い対応がある.

5) Kriging法による解析結果

解析対象地域は, 形状補間関数を用いた解析と同じ地域である. まず, 解析対象地域における38地点のボーリングデータに基づいてセミバリオグラムを作成する. 図4-3-9~4-3-11は, それぞれ2m, 4m, 6mの深さにおけるセミバリオグラムである. これらの図においては, 1kmを超えるとほとんどセミバリオグラムの増加が見られない. とくに図4-3-10においては500mを超えるとセミバリオグラムの増加が見られない. このことは, 本解析対象地域においては, 2地点間の距離が1km

を超えると F_L 値の相関がほとんどなくなるということを示している。これらのセミバリオグラムを用いて、各深さにおける液状化領域の空間分布を求めた。

つぎに、推定値の精度を確認するために、既存のデータから得られた F_L 値のうち1つのデータを隠し、残りのデータから隠した位置における F_L 値を推定し、推定値と実際値の比較検討を行った。なお、ここで用いたデータは、ボーリングデータ38本の2m、4m、6mのそれぞれの深さでの F_L 値である。解析結果を図4-3-12～4-3-14に示す。図4-3-12は深さ2mにおける結果であるが、38データの内、推定誤差範囲内に入ったデータ数は19であり、適合率は50%である。同図において推定値が1.0のデータがたくさん見られるが、これは、液状化の可能性のない地層を示しているものであり、本来は推定の対象からはずされるべきものである。このようなデータも含めた形での適合率が50%であるので、決して低いとはいえない。同様に、深さ4mにおける適合率は61%、深さ6mにおける適合率は68%となっている。本解析対象地域においては、液状化の可能性のない地層は深さが深くなるほど少なくなっているため、このことが適合率に関与しているものと考えられる。

図4-3-15～4-3-20にKriging法を用いた解析結果を示す。前述したようにKriging法によれば推定値と同時に推定誤差の標準偏差も求めることができるので、推定値とともに推定誤差の標準偏差も同図は示している。まず F_L 値の推定値に注目すると、深さ2mと6mにおける F_L 値の分布傾向は多少似ているが、4mにおけるそれは異なっている。すなわち、4mにおける F_L 値の推定値の変化の幅が、2mや6mにおけるそれよりも小さくなっている。これは、セミバリオグラムの形状に起因しているものと考えられる。前述したように、深さ4mにおけるセミバリオグラムは相関距離が500mを超えると増加が見られず、深さ2mと6mよりも F_L 値の相関関係が低いので、このことによるものと思われる。したがって、 F_L 値の推定精度も2m、6mに比べて低いことが予想できるが、推定誤差の標準偏差も深さ4mでは2mや6mのそれよりも大きくなっており、良い対応がある。

図4-3-17に示した、深さ6mの推定値の空間分布図における F_L 値が0.5を下回る地域に注目すると、図4-3-3に示した福井地震における液状化地域と比較的良好な対応がある。図4-3-15に示す深さ2mにおける推定値においても同様のことがいえるが、若干推定精度が悪い。これは、前述したように液状化の可能性のない地層の F_L 値を便宜上1.0とおいて解析していることにより、推定精度が下がっているものと考えられる。

以上の結果より、液状化領域の空間分布の把握に関して、両手法の活用の可能性が示されたが、推定精度の検定などについてさらに研究を進めていく必要がある。また、地盤液状化は現地形や旧地形の影響を強く受けることが知られているので、そのような情報も取り入れて液状化領域を推定する方法を本手法に取り込んでいく必要がある。

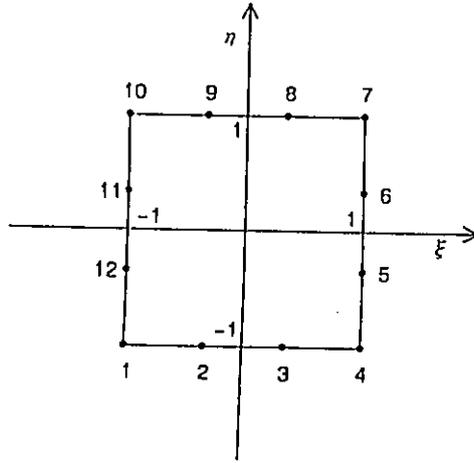


図4-3-1 形状補間関数における局部座標系

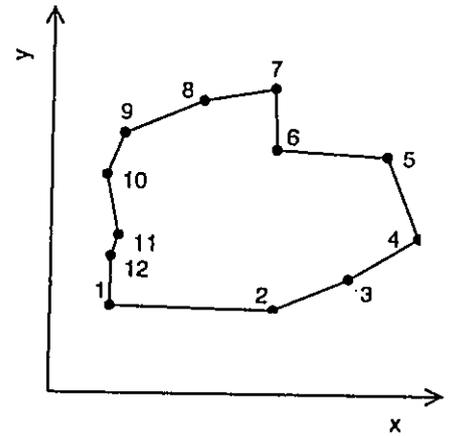


図4-3-2 形状補間関数における全体座標系

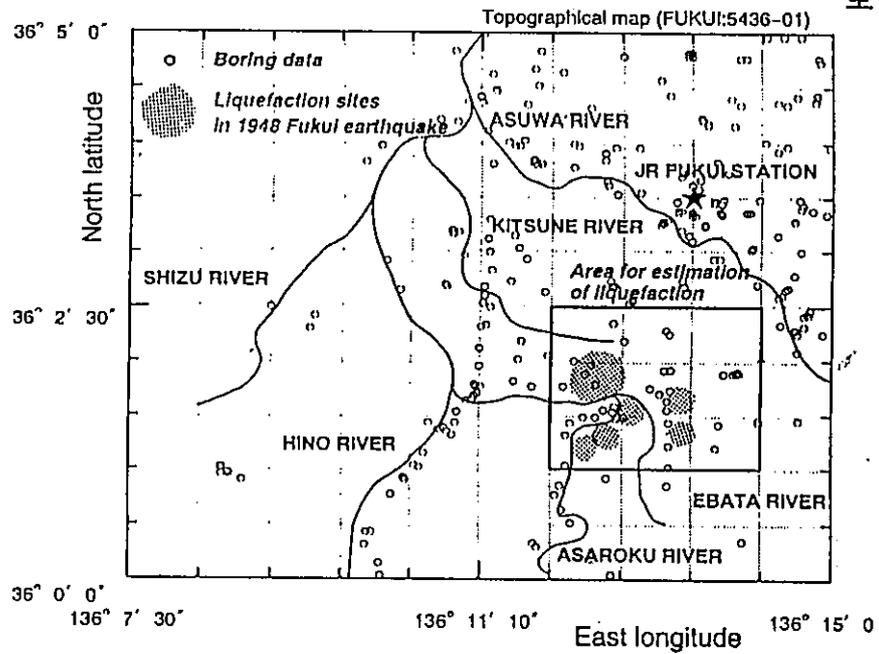


図4-3-3 福井市のボーリング地点と福井地震における液状化履歴

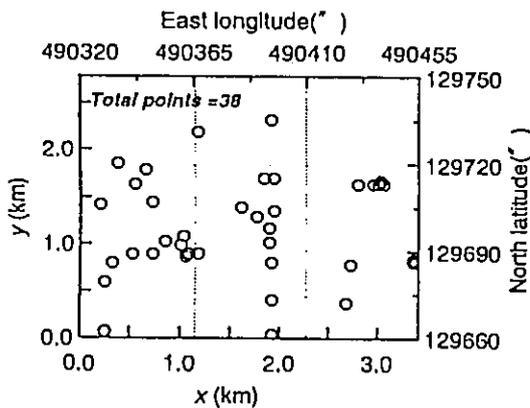


図4-3-4 解析対象地域のボーリング地点

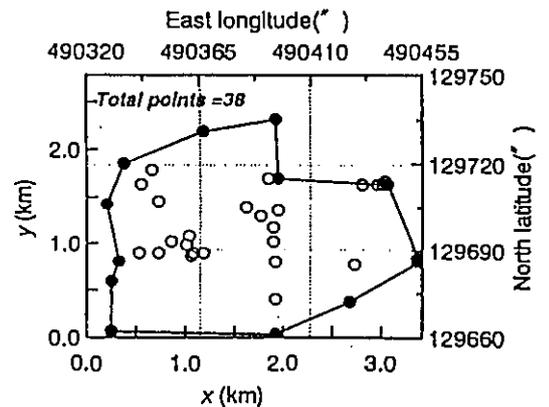


図4-3-5 形状補間関数法に用いるボーリング地点

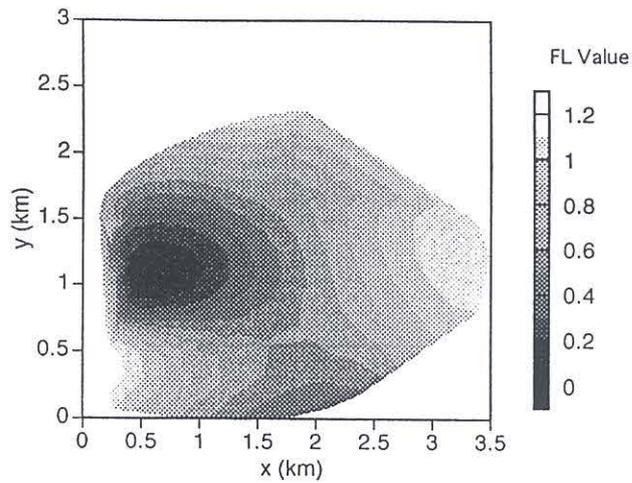


図4-3-6 地表面下2mにおける
形状補間関数法による
 F_L 値の推定値の分布

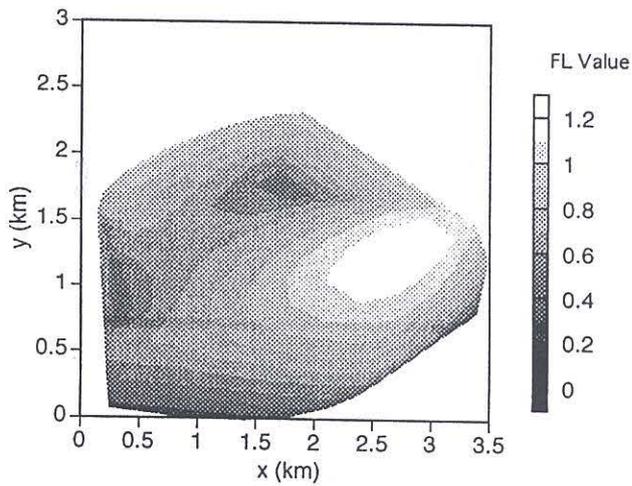


図4-3-7 地表面下4mにおける
形状補間関数法による
 F_L 値の推定値の分布

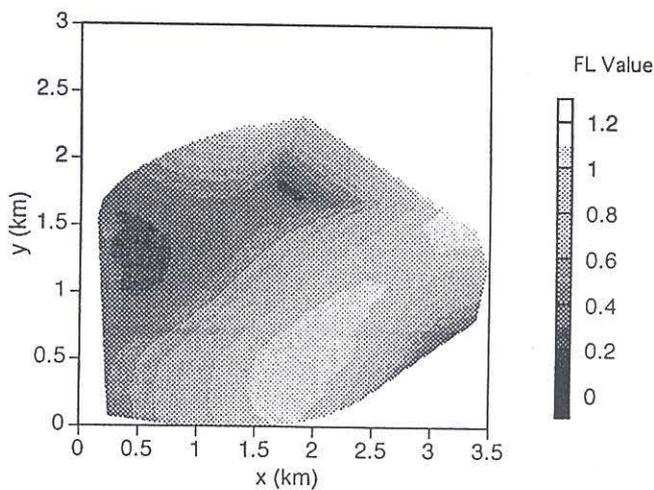


図4-3-8 地表面下6mにおける
形状補間関数法による
 F_L 値の推定値の分布

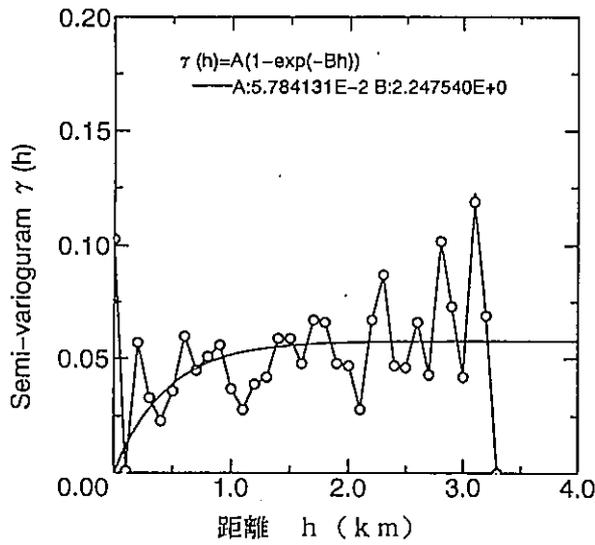


図4-3-9 F_L 値のセミバリオグラム
(地表面下2m)

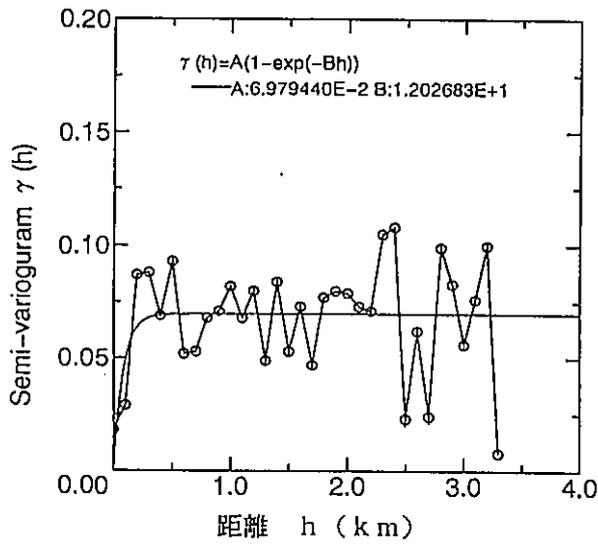


図4-3-10 F_L 値のセミバリオグラム
(地表面下4m)

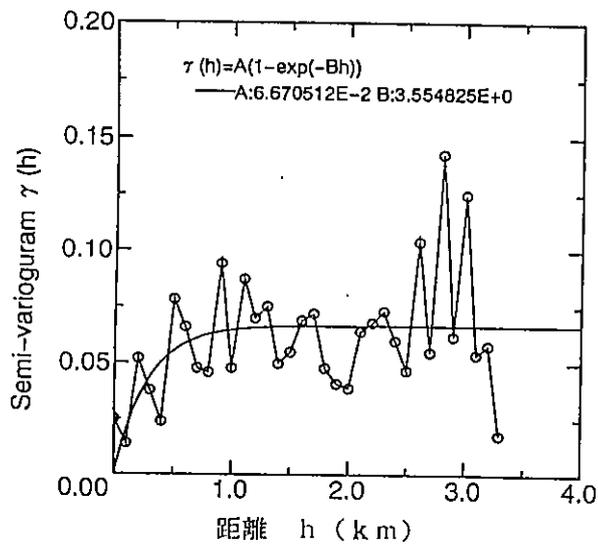
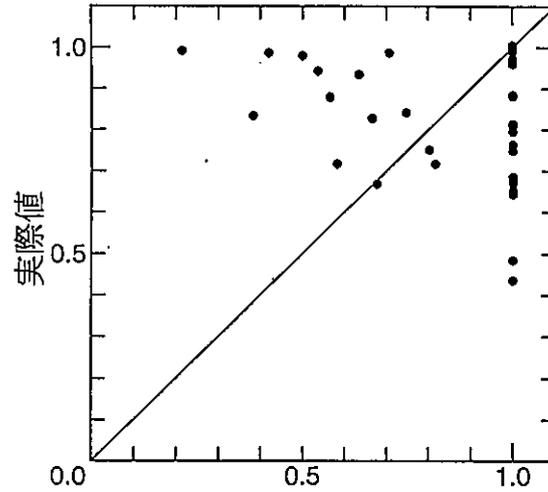
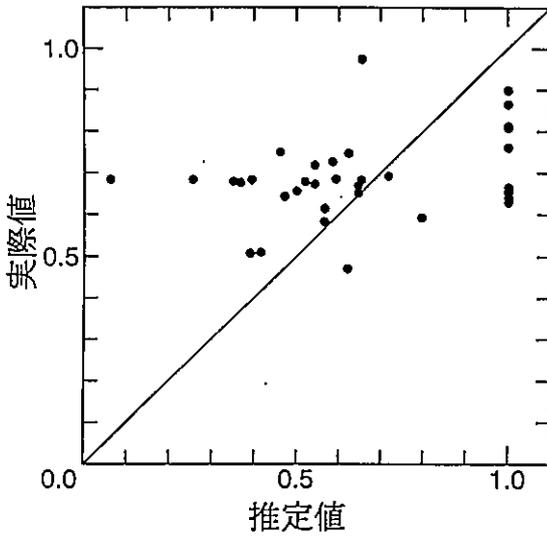


図4-3-11 F_L 値のセミバリオグラム
(地表面下6m)



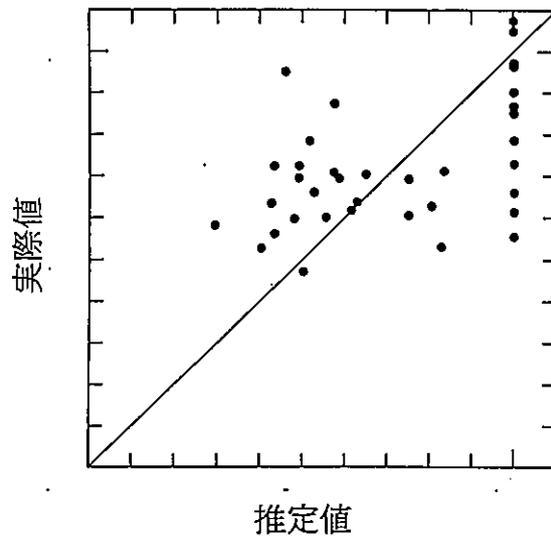
全データ数：38
 推定誤差区間内データ数：19
 適合率：50%

図4-3-12 地表面下2mにおける
 Kriging法による F_L 値
 の推定値と実際値



全データ数：38
 推定誤差区間内データ数：23
 適合率：61%

図4-3-13 地表面下4mにおける
 Kriging法による F_L 値
 の推定値と実際値



全データ数：38
 推定誤差区間内データ数：26
 適合率：68%

図4-3-14 地表面下6mにおける
 Kriging法による F_L 値
 の推定値と実際値

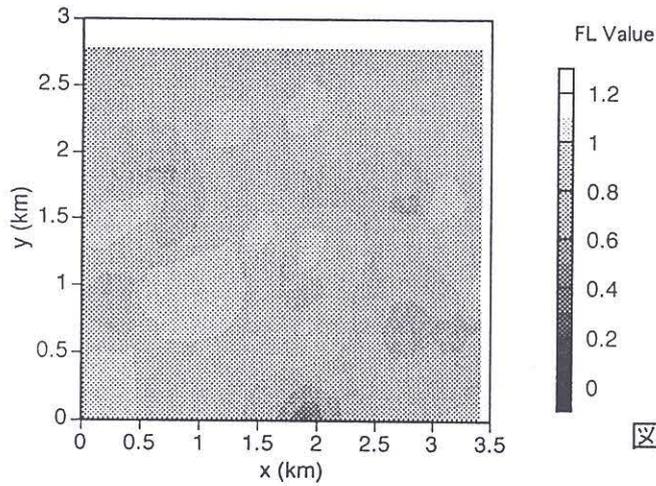


図4-3-15 地表面下2mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定値の分布

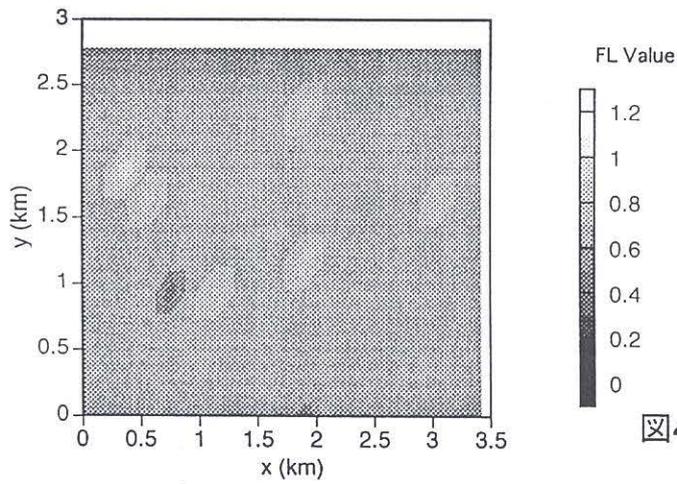


図4-3-16 地表面下4mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定値の分布

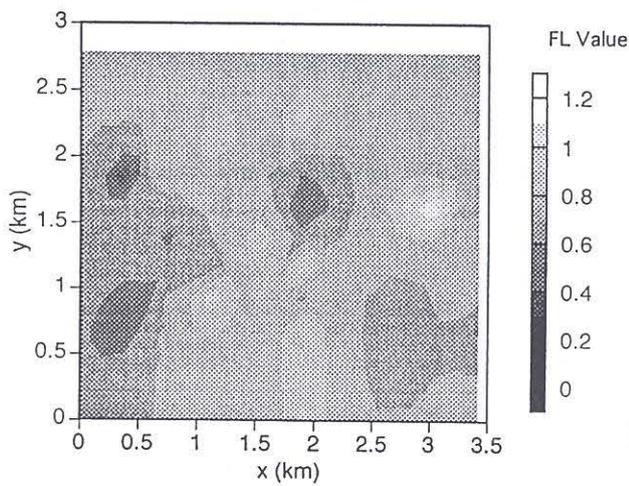


図4-3-17 地表面下6mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定値の分布

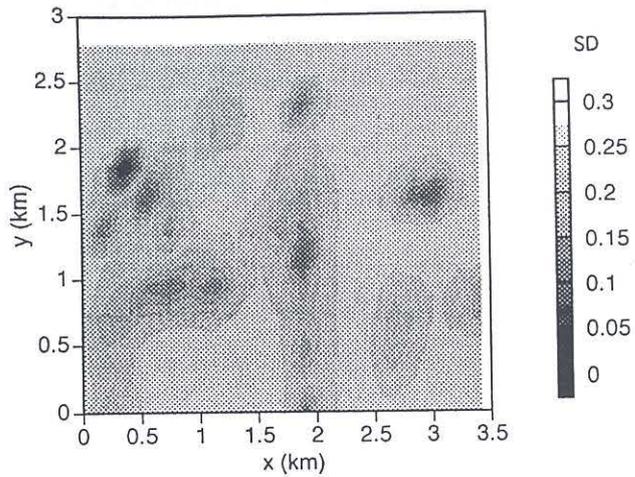


図4-3-18 地表面下2mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定誤差の標準偏差
の分布

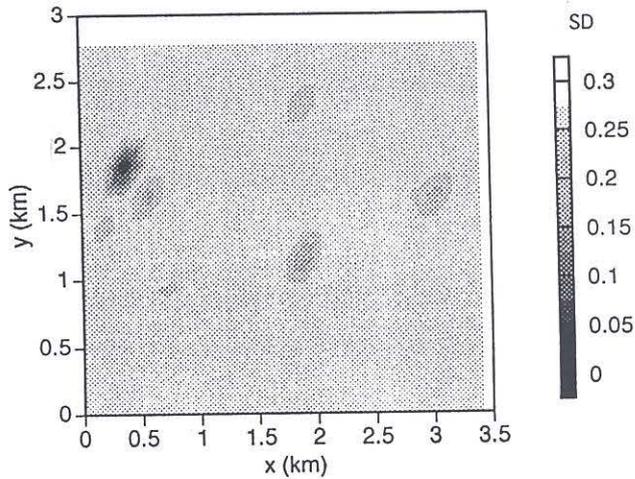


図4-3-19 地表面下4mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定誤差の標準偏差
の分布

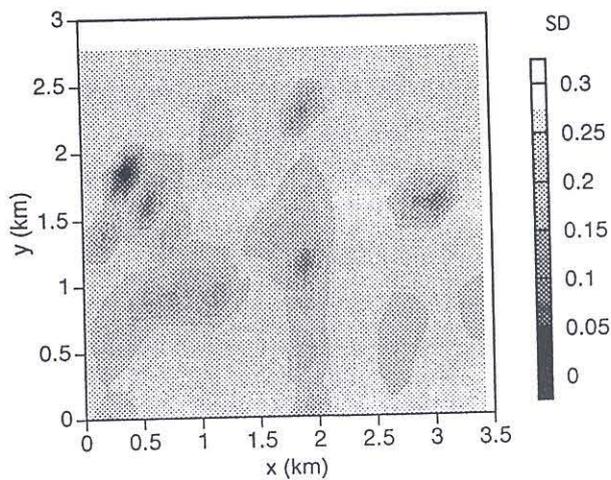


図4-3-20 地表面下6mにおける
Kriging法による F_L 値
の推定誤差の標準偏差
の分布

第5章 社会基盤整備計画の地図化支援システムの研究

地域の独自性を考慮した道路整備計画案の作成のためには、その地域の特性を評価に反映する手立てを考える必要がある。そのためには、単位道路の優先付けのための支援と整備構成案作成のための支援が有機的に結合されなければならない。前者に関しては、第2章にて支援システムを提案した。

その方法論は、

①道路整備の評価構造を明確にするために、ISM法を基礎とする支援システムによって問題の構造図化を行い、

②その上で、地域特性を反映するために、道路整備順位を規定する評価要因の重要度をAHP法を基礎とする支援システムによって求め、

③それと各道路の評価値より整備優先順位を決定する。

というものであった。

そこで本章では、順位付けされた単位道路を用いて整備構成案を作成するための支援システムを提案する。構成の課題としては、予算制約についての対応、地域バランスの公共性といった観点からの検討、施工順位、さらに他の整備計画との有機的関連付けがあげられる。しかし中でも、地域の公平性や他の計画との連携の可能性については、視覚と感性に依存するため数値的な支援は難しい。そこでここでは地図を活用する方法を提案している。まず、第1節では、道路整備計画案作成のためのプロセスモデル基本構想について説明をおこない、第2節では、開発した地図化システムの説明を中心に事例研究を行なう。

5-1 道路整備計画案作成のための地図化システムの構想

道路整備計画案作成のための支援システムとして、図5-1-1 に示すプロセスモデルを提案する。

このモデルは3つのサブプロセスから構成されている。まず、第1のサブプロセスは、評価構造図作成プロセスである。このプロセスでは、専門家は、ブレン・ストーミングによって、道路整備計画に関する要素を抽出し、個々の関係の有無を十分に識別したうえで問題の評価構造を作成する。そして、その全体図の吟味を十分繰り返した後に問題認識が明確化され満足のいく評価階層構造図を得る。

第2のサブプロセスは、AHP評価プロセスである。ここでは、まず前プロセスで得られた評価構造にたいし、道路の順位付けを左右する評価要因を示す階層レベルまでのAHP評価を行う。これによって評価基準要因にたいする専門家の主観的相対的な重要度が求められることになる。その結果を、今度は対象地域の道路に反映する。まず道路整備の対象となる道路を抽出し、それらに対しその特性をもとに個別評価をおこなう。この方法は、具体的には前プロセスで設定した評価基準要因に関しての各道路の特性を数値表現化する。次に、これと先に求めた主観的相対的重要度を掛け合わせることで代替道路の整備優先順位を決定するというプロセスである。

第3のサブプロセスは、地図化プロセスである。まず、第2サブプロセスで求められた単位道路（第1次代替案道路）の整備優先順位を実際の管轄地域の地図と合成することで”第1次AHP評価付地図”が作成される。次に、優先度の高い道路を候補とするために、専門家は候補の対象となるAHP評価順位を指定する。これによってシステムは指定した順位以下の代替案を地図から自動的に削除し、”第2次AHP評価付地図”を作成する。これを用いることで専門家は、地域の公平性に配慮しつつ整備道路を選択することができる。さらに、この時、整備効果や他の計画との整合性が検討できるように道路の整備特性カードを参照できるようにしてある。次に選択された道路に対し予算チェックを行いそれが通ったならば、これが整備地図代替案となる。さらに他の構成案の作成に対しては、AHP順位の指定から再考するか、あるいは道路の選択をやり直すことから再考することができる。そして、幾つかの整備代替案の中から最後に整備計画案が決定されることになる。以上が、本システムのプロセスの説明である。

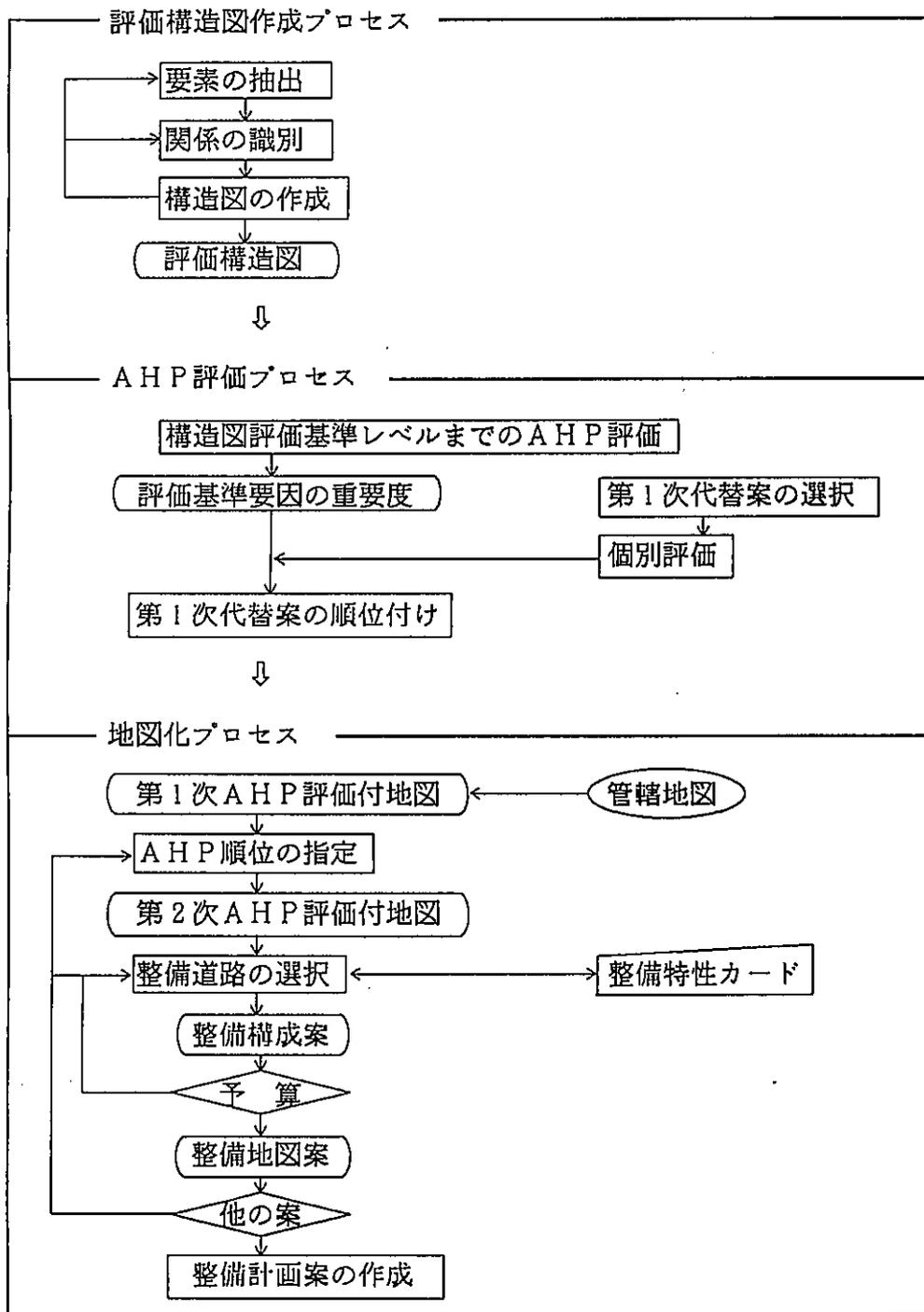


図5-1-1 道路整備計画案作成のための地図化システムのプロセスモデル

本節では、石川県鶴来土木事務所の管轄地域への適用事例をとおしてシステムの概要の説明を行い、第3のサブプロセスを中心に地図化システムの基本機能と有効性を述べる。

まず第1のサブプロセスでは、まず各土木事務所の道路整備のキャッチフレーズと重点政策を整理した。これを表5-2-1に示す。

表5-2-1 各土木事務所のキャッチフレーズと重点政策

土木事務所名称	キャッチフレーズ	重点施策と順位
珠洲土木事務所	珠洲道路で結ぶ奥能登観光地道路網の整備	1. 奥能登地域拠点間の幹線道路網の整備 2. 観光拠点を結ぶ周遊道路の整備 3. 潤のある生活利便施設等との接続道路整備 4. 珠洲道路へのアクセス強化
輪島土木事務所	ゆたかな自然を生かしゆとりある奥能登紀行の道づくり	1. 能越自動車道等主要幹線道路へのアクセス路線の整備 2. 観光渋滞によるボトルネックの解消 3. 奥能登の美しい海岸景観を生かしたゆとりある半島周遊道路の整備 4. 生活に密着した定住環境の活力を生み出す道路整備
七尾土木事務所	七尾周辺と金沢・中部圏との連絡強化を図る道づくり	1. 能越自動車道、能登有料道路へのアクセス 2. 主要幹線へのアクセス強化 3. 湾岸リゾート道路網整備 4. 歴史、文化の交流ネットワーク整備 5. 地区内道路の整備
羽咋土木事務所	中能登からふれあいを広げる道づくり	1. 有料道路と主要地へのアクセス強化 2. 隣接県との広域交流ネットワークの形成 3. 観光客に快適でゆとりの生まれる道づくり 4. 地域振興プロジェクトの支援
津幡土木事務所	ハイテク企業と余暇施設を結ぶ河北産業道路	1. 河北産業道路の整備 2. 能登有料道路及び国道8号、159号へのアクセス強化 3. 地域振興プロジェクトへの支援道路整備 4. 広域交流ネットワークの強化 5. 過疎対策解消及び災害緊急連絡路の確保
金沢土木事務所	金沢文化圏との交流促進を図る道路ネットワークの整備	1. 能登有料、高速道路、国道8号、外環状のアクセス強化 2. 開発プロジェクト支援の道路整備 3. 近郊都市間の広域アクセス強化 4. 観光都市金沢の交通渋滞緩和を図る道路整備 5. 地域活性化の振興を図る道路整備
鶴来土木事務所	「四季の移ろい」白山麓ふれあいの道づくり	1. 主要観光拠点（スキー場等）へのアクセス強化 2. 休日交通ボトルネックの解消 3. 霊峰白山へのアプローチ整備 4. 主要幹線軸（北陸自動車道、加賀産業道路）とのアクセス強化
小松土木事務所	小松空港・・・ハイテクロードの整備	1. 空港連絡道路の整備促進 2. 主要幹線道路へのアクセス強化 3. 魅力ある加賀回廊道路の整備 4. 南鄙連絡道路の整備促進
大聖寺土木事務所	加賀温泉郷、ゆとりと魅力ある夢空間整備	1. 高速道路及び国道8号へのアクセス強化 2. 観光施設周遊ルートの強化 3. 地場産業施設へのアクセス強化

その上で、これを参考にしながらブレインストーミングによって、要素を抽出した。そしてマルチウインドウ型支援システム³⁾を用いて、問題の評価構造として図5-2-1を作成した。これを図解したのが図5-2-2である。この図より、①「道路整備(方針)」の目的は、⑦「経済的波及効果」と⑰「信頼性の向上」そして⑳「定住化の促進・主客性」であることがわかる。特に⑦は金やモノの出入りを重視しているのに対し⑳は人のコミュニケーションを意識しているという違いがあらわれている。そして、これら3つの目的を充足させるものとして、③「ボトルネック解消」、⑨「幹線道路」、⑲「プロジェクト支援」、⑳「ネット・アクセス強化」がある。これらは、目的を充足するための道路特性と考えることができる。そして、③「ボトルネック解消」の評価は、毎日発生する渋滞だけでなく冬のスキーシーズンにおきる一時的な渋滞、さらに崖崩れ・雪崩などの災害や交通事故の発生しやすい道路への対策に依存している。⑨「幹線整備」の評価は、交通需要の多い道路、広域ネットワーク道路、主要都市間を連絡する道路、そして高規格道路への対策に依存している。⑲「プロジェクト支援」の評価は、大学などの学園都市建設、過疎に対する地域活性化、住宅工業団地の造成、文化リゾート施設の建設、そして空港ターミナル建設の有無に左右される。⑳「ネット・アクセス強化」の評価は、産業(工業)地域、空港ターミナル、港湾、都市、上級幹線、文化リゾート等へのネット・アクセス度に依存する。このように第4レベルの要素は、第3レベルの評価データが位置していると判断できる。

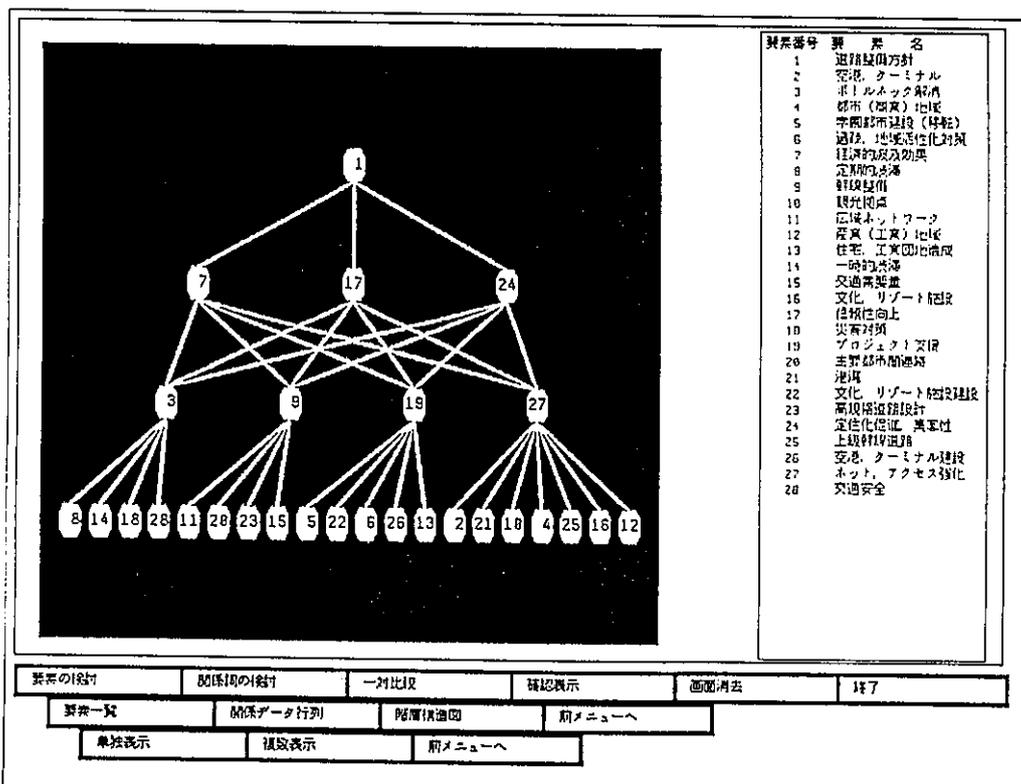


図5-2-1 道路整備問題に関する階層構造図

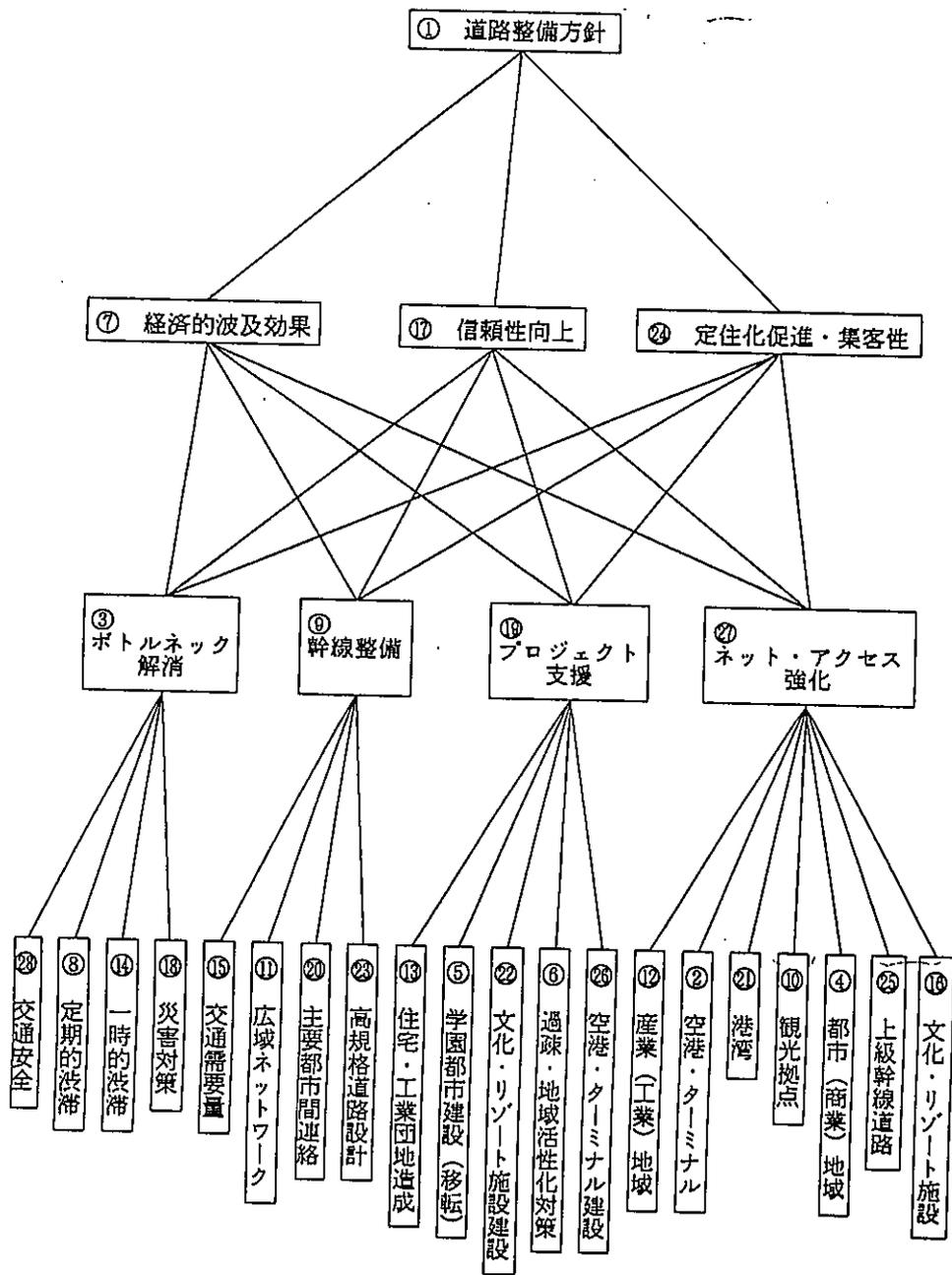


図5-2-2 道路整備問題の図解

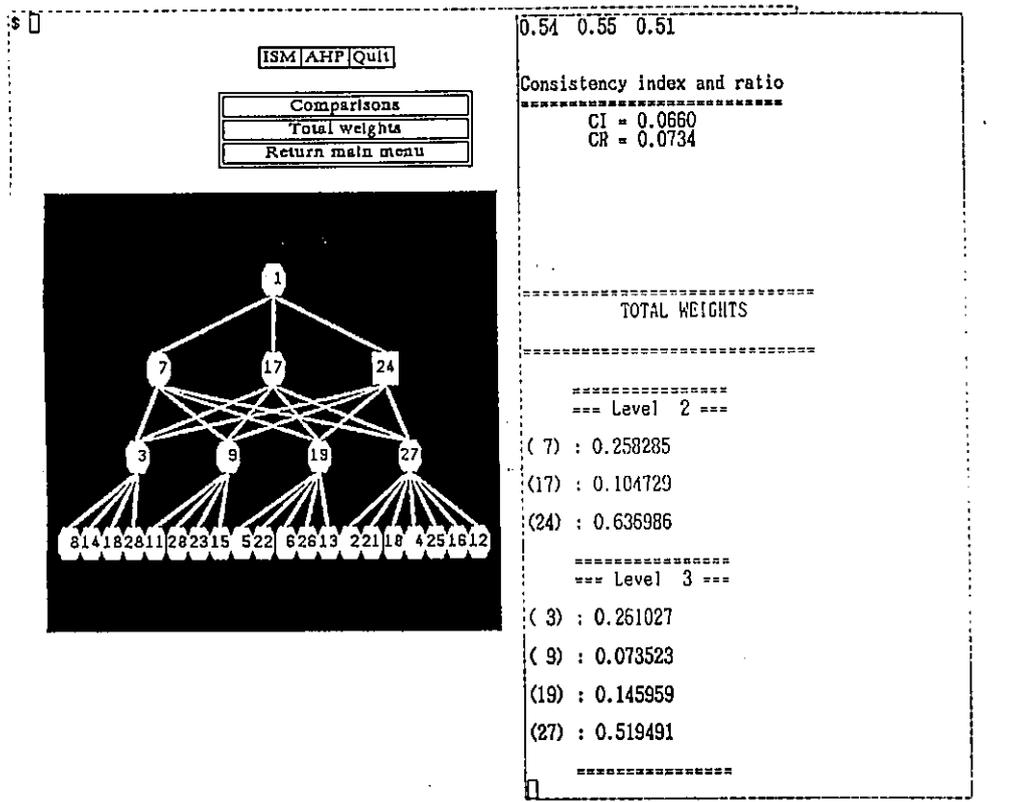


図5-2-3 AHP システムの評価結果

次に、第2のサブプロセスでは、AHP連動化システム⁹⁾を用いて、階層構造図の各レベル毎に相対重要度を求めなければならない。この鶴来土木事務所の管轄地域は、白山麓の1町5村の山間部に位置し、特別な産業もなく、過疎化が問題になっている。これに対し、主にスキー場や温泉施設を建設することでその解消が図られていると思われる。実際この地域には、スキー場が7ヶ所、温泉は、大きいものだけで6ヶ所もある。この認識のもとで著者らは評価構造の第3レベルまでの評価を行ない図5-2-3の出力結果を得た。つまり第2レベルでは、⑦「経済的波及効果」と⑰「信頼性向上」そして⑳「定住化促進・集客性」の3者間の相対重要度がそれぞれ、0.258285, 0.104729, 0.636986であり、スキー場や、温泉施設への人の出入りを最も重視している。また第3レベルの③「ボトルネック解消」、⑨「幹線整備」、⑱「プロジェクト支援」、㉑「ネット・アクセス強化」の4者間の相対重要度が、それぞれ0.261027, 0.073523, 0.145959, 0.519491であった。つまり、この地域には、幹線はあまりないので⑨「幹線整備」は重視せず、寧ろ上述の施設へのアクセスや幹線からのネットワークを最も重視しており、次に冬の渋滞を解消するためにボトルネックの解消が重視していることを表している。したがって、この結果は表5-2-1の鶴来土木事務所の重点政策の内容もよく反映したものとなっている。

表5-2-2 第1次代替道路の特性のランク値

路線名	代替案番号	工区名	階層構造図第4レベル該当項目																					
			② ボトルネック解消				⑨ 幹線整備				⑩ プロジェクト支援				⑭ ネット・アクセス強化									
			② 定期的渋滞	③ 一時的渋滞	④ 災害対策	⑤ 交通安全	⑨ ランク値	⑩ 広域ネットワーク	⑪ 交通需要量	⑫ 主要都市間連絡	⑬ 高規格道路設計	⑭ ランク値	⑩ 学園都市建設(移転)	⑪ 過疎・地域活性化対策	⑫ 住宅・工業団地造成	⑬ 文化・リゾート施設建設	⑭ 空港・ターミナル建設	⑭ ランク値	⑭ 空港・ターミナル	⑮ 都市(商業)地塊	⑯ 観光拠点	⑰ 産業(工業)地塊	⑱ 文化・リゾート施設	⑲ 港湾
国道157号線	1 31 32 33	上古野 中島 佐良 白峰村平岩**	○		○	1 1 1 1	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	2 2 2 2					0 0 0 0		○ ○ ○ ○			○ ○ ○ ○			○ ○ ○ ○	2 2 2 2
国道380号線**	36 37 38 39	瀬戸 東荒谷 釜谷橋 目付谷橋	○		○	1 1 1 1	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	2 2 2 2		○ ○ ○ ○		1 1 1 1			○ ○ ○ ○			○ ○ ○ ○			○ ○ ○ ○	2 2 2 2
主要地方道 白山公園	2 40 41 42 43	河内谷～風巖 根倉～宮谷 三ッ谷～赤岩 白峰村～ノ瀬 中飯場～別当		○	○	2 2 2 2 2			○	1 1 1 1 1			○	1 1 1 1 1				○			○			1 1 1 1 1
主要地方道 小松・鳥越・鶴来	3 4 44 45 46 47 48 49	三ッ瀬 三ッ瀬橋 新広瀬大橋 三坂～下野 別宮 別宮出 左瀬～渡津 数瀬	○	○	○	2 2 1 2 2 2 2			○	1 1 1 1 1 1 1				0 0 0 0 0 0 0						○			1 1 2 2 2 1 1 1	
県道 道法寺・源兵衛島・美川	5 54	行町～七原 七原～道法寺			○	1 1			○	1 1				0 0						○			○	2 2
一般国道 白川・小松**	34	尾茶～中宮		○		1			○	1			○	1				○					○	2
主要地方道 小松・鶴来	35	天狗橋				1			○	1				0									○	2
主要地方道 金沢・鶴来	50	小柳	○			2	○		○	2				0									○	2
県道 阿手・尾小	51	阿手～五十谷	○			2			○	1				0									○	2
県道 木滑・釜湯	52	河原山東二口	○			2			○	1				0									○	2
県道 内尾・口直	53	金川	○			2			○	1				0									○	1

次に、石川県鶴来土木事務所で取り扱っているカルテをもとに第1次代替案を選択し、これに対し個別評価をおこなった。その結果が表5-2-2である。ここでは、代替案番号1～5の継続整備道路と代替案番号31～54の新規道路に対し、②⑨⑩⑭の各道路特性毎にそれぞれの評価データの該当の有無によりランク付けをおこなっている。ランク付けの基準としては、仮に、評価データの該当数が0ならランク値も0、1ならば1、2以上は全て2とした。例えば、代替案番号41の三ッ谷～赤岩間では、②「ボトルネック解消」のランク値が2、⑨「幹線整備」のランク値が1、⑩「プロジェクト支援」のランク値が1、⑭「ネット・アクセス強化」のランク値が1となる。

表5-2-3 第1次代替道路の整備優先順位

路線名	代替案番号	工区名	①ボトルネック解消		②幹線整備		③プロジェクト支援		④ネット・アクセス強化		Σ点数	整備優先順位
			ランク値 × ウェイト値 (0.2610)	ランク値 × ウェイト値 (0.2610)	ランク値 × ウェイト値 (0.0735)	ランク値 × ウェイト値 (0.0735)	ランク値 × ウェイト値 (0.1460)	ランク値 × ウェイト値 (0.1460)	ランク値 × ウェイト値 (0.5195)	ランク値 × ウェイト値 (0.5195)		
国道 157号線	1	上内野	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.4470	10
	31	中島	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390		10
	32	佐良	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390		10
	33	白峰村平岩	1	0.2610	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390		10
国道 360号線	36	瀬戸	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390	1.5930	5
	37	東荒谷	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390		5
	38	釜谷橋	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390		5
	39	目付谷橋	1	0.2610	2	0.1470	1	0.1460	2	1.0390		5
主要地方道 白山公園	2	河内谷～風嵐	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195	1.2610	18
	40	根倉～宮谷	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195		18
	41	三ッ谷～赤岩	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195		18
	42	白峰村～ノ瀬	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195		18
	43	中島～別当出合	2	0.5220	1	0.0735	1	0.1460	1	0.5195		18
主要地方道 小松・鳥越・鶴来	3	三ッ瀬	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195	1.1150	23
	4	三ッ瀬橋	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195		23
	44	新広瀬大橋	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390		14
	45	三坂～下野	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390		2
	46	別宮	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390		2
	47	別宮出	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195		23
	48	左礫～渡津	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195		23
	49	数瀬	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195		23
	県道 道法寺・源兵衛橋・美川	5	行町～七原	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2		1.0390
54		七原～道法寺	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390	14	
一般国道 白川・小松	34	尾添～中宮	1	0.2610	1	0.0735	1	0.1460	2	1.0390	1.5195	9
	35	天狗橋	1	0.2610	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390		14
主要地方道 小松・鶴来	50	小柳	2	0.5220	2	0.1470	0	0.0000	2	1.0390	1.7080	1
	51	阿手～五十谷	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	2	1.0390		2
県道 阿手・尾小屋	52	河原山～東二口	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	0	0.0000	0.5955	29
	53	金間	2	0.5220	1	0.0735	0	0.0000	1	0.5195		23

そして、表5-2-3 では、先に求めた4つ道路特性の相対重要度と各道路特性のランク値を掛け合わせることで代替案の点数化をおこない、点数の大きい代替道路ほど先に整備すべき道路であるので、点数の降順に整備優先順位を決定している。

これより、国道157号線と国道360号線、主要地方道白山公園線の3路線では、路線内の各道路の順位は同一であるのに対し、その他の路線内の道路では、順位に違いがみられていることが分かる。

第3のサブプロセスにおいては、まず図5-2-4の左ウインドウに示すような石川県の土木事務所の所在都市の配置が表示される。これに対し、鶴来土木事務所の管轄地域の道路整備計画を行うために、まず左のウインドウ上において、鶴来の文字をマウスでクリックする。これによって自動的にその文字が四角で囲まれ、右のウインドウに鶴来土木事務所の管轄地域の道路地図が表示される。実際の画面では、国道と有料道路は黄色（図では黒の塗りつぶし）で表示され、主要地方道は白抜きで表示されている。一方役場所在地は丸の白抜き、スキー場がスカイブルー（図では四角の塗りつぶし）、温泉がバイオレットレッド（図では四角の塗りつぶし）である。

次に、整備の対象とした第1次代替道路として表5-2-3の中の新規代替案道路の24本が、図5-2-5に示すようにAHP評価付で表示される。画面上（No.1～No.24）の連番号が道路番号を意味している。この番号は、表5-2-3の代替案番号の（No.31～No.54）に相当している。そして、番号に相当する道路は、AHPの評価順位に従い色付けされている。画面では、表5-2-4に示すように色わけされて表示されている。この事例では順位が24位までついている。

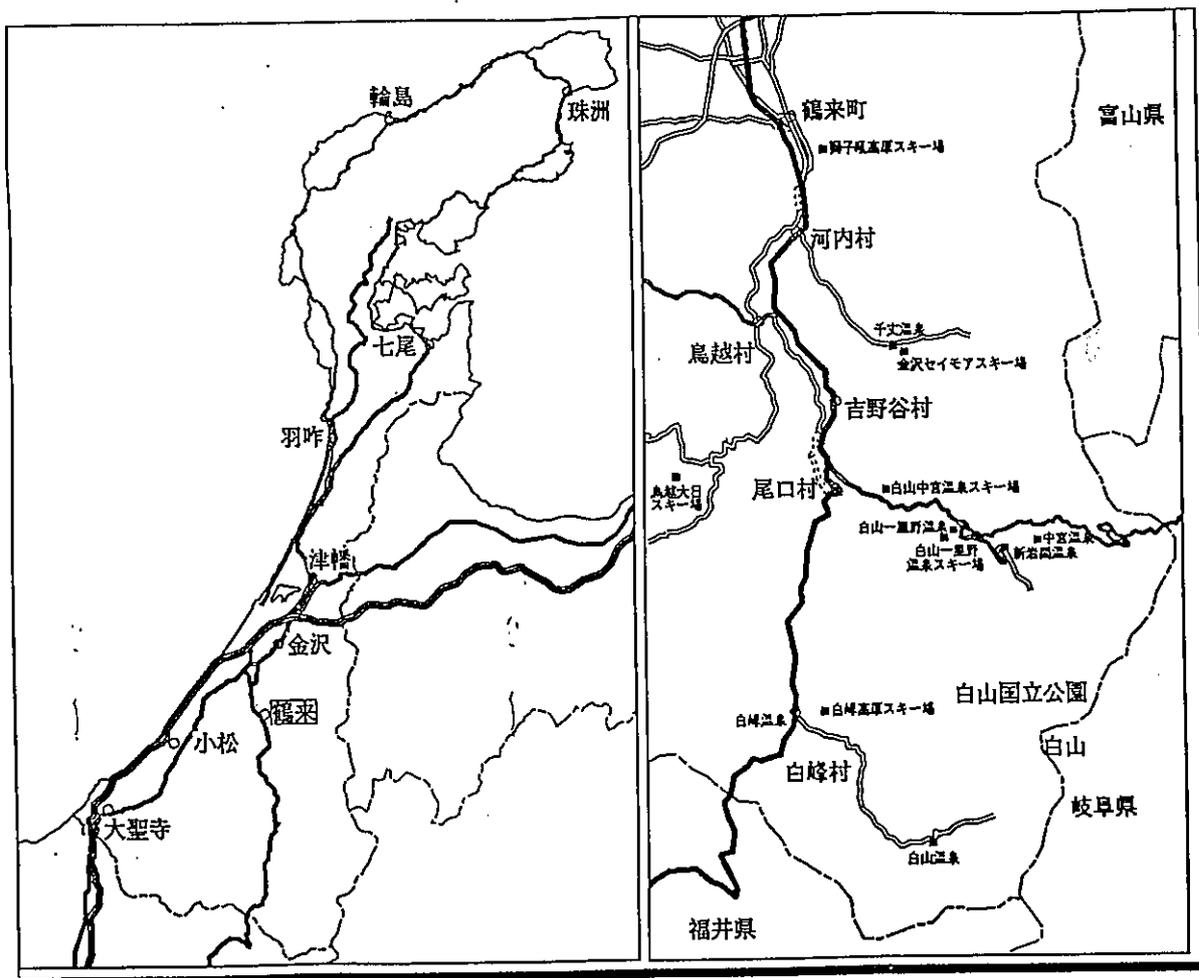


図5-2-4 地図化システムの初期画面

表5-2-4 AHP 順位と色分け区分

順位	代替案の評価順位 (代替案数)	表示色名
1位	1位 (1つ)	オレンジレッド (OrangeRed)
2位	2位 (3つ)	グリーン (Green)
3位	5位 (4つ)	ブルー (Blue)
4位	9位 (1つ)	マゼンタ (Magenta)
5位	10位 (4つ)	シアン (Cyan)
6位	13位 (3つ)	ミディアムアクアマリン (MediumAquamarine)
7位	16位 (4つ)	ダークオーキッド (DarkOrchid)
8位	20位 (4つ)	ホイート (Wheat)
9位	24位 (1つ)	ダークターコイズ (DarkTurquoise)

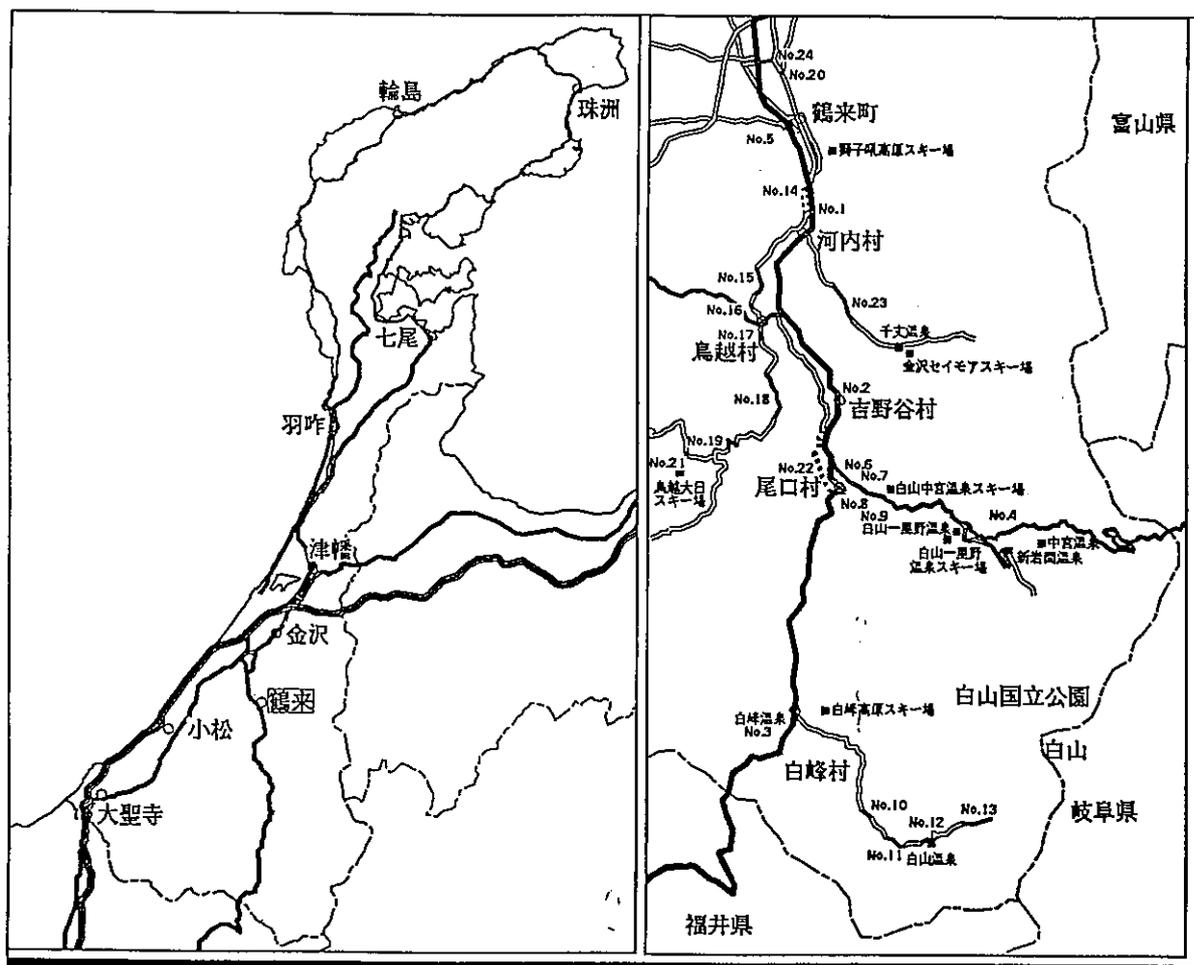


図5-2-5 第1次AHP 評価付地図画面

この地図に対し、整備の対象として順位の高い道路のみをまず選択した。図5-2-6は、AHP評価16位までのみを残し、それ以下を図から乗り除いた第2次AHP評価付地図である。この地図を見ながら専門家は、さらに整備計画案を検討する。そのために、各道路毎の特性が必要に応じて参照可能である。図5-2-6の左ウインドウでは、右ウインドウで表示された第2次代替案付地図のNo.11の道路特性が表示されている。そこには、代替案番号、AHP評価順位、路線名、工区住所、整備延長、総事業費、交通量、混雑度が表示され、さらに現況の問題点と整備による効果がコメントされている。これから、この道路は整備延長が一工区としては比較的長く、事業費も大きいことがわかる。また、現況の問題点からは、通行止めと交通事故が多い道路であることがわかる。図5-2-7では内容が右矢印をクリックすることで下にスクロールし整備効果の内容を表示している。これより整備によってボトルネックの解消に寄与することが理解できる。専門家はこのように各道路に関する現地的特性情報を収拾することができる。

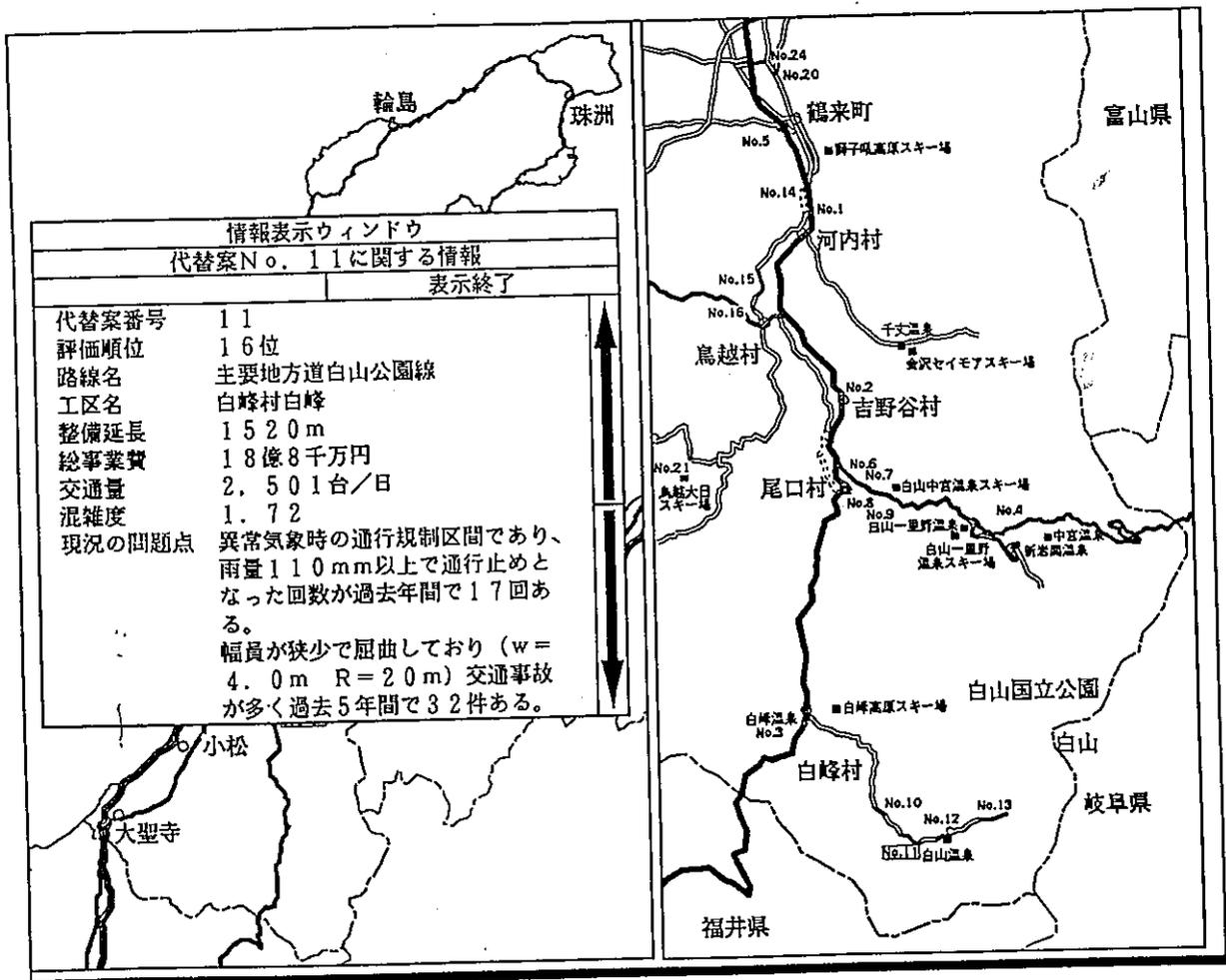


図5-2-6 第2次AHP 評価付地図と道路特性ウインドウ表示画面

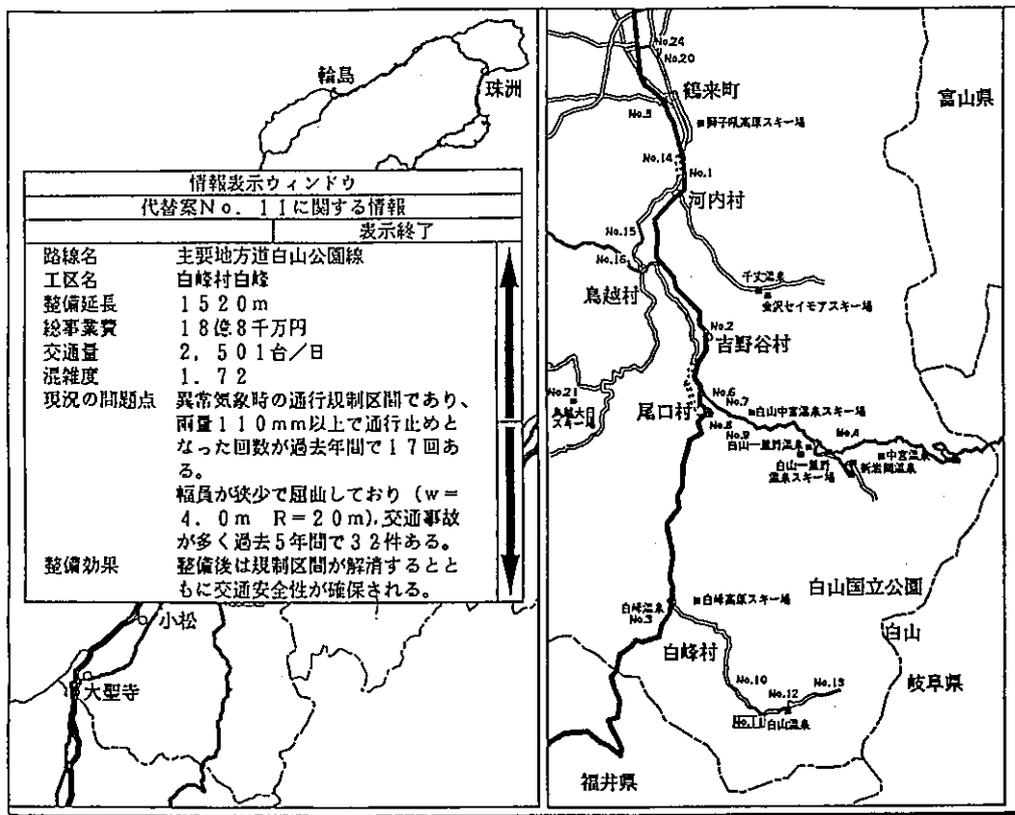


図5-2-7 第2次AHP評価付地図と道路特性ウインドウ・スクロール表示画面

このように、本システムは、専門家が右の第2次AHP評価付地図と左の現地情報を見ながら整備構成代替案の検討をおこなうことを可能にしている。

そして、まず最初の案として、AHP評価16位までの16本の道路を全て整備とした。この時、図5-2-8の左に示すようなウインドウが表示される。システムはこれら代替案全ての事業費を加算し、それを事前に入力した予算と並べて表示している。この案では、予算が80億円にたいし、事業費の合計が106億6千万円となり予算を超過していることが分かる。

そこで、予算の制約のもとで代替案道路の中から幾つかの道路を削除することとする。この時、配慮に加えなければいけないことは、地域のバランスである。そこで、著者らは、地図の持つ有利性を活用し、AHP評価順位が低く、且つ地図上比較的分散した位置にある代替案を除外した。まず、図5-2-8の〔再構成〕をマウスでクリックし、削除する代替案番号をマウスクリックすることで図5-2-9に示す案を作成した。図5-2-9では、右ウインドウほぼ中央に位置するNo.2と同じく下方に位置するNo.11の道路を構成から除外している。しかし、それでも総額が86億3千万円となり予算を超過していることがわかる。

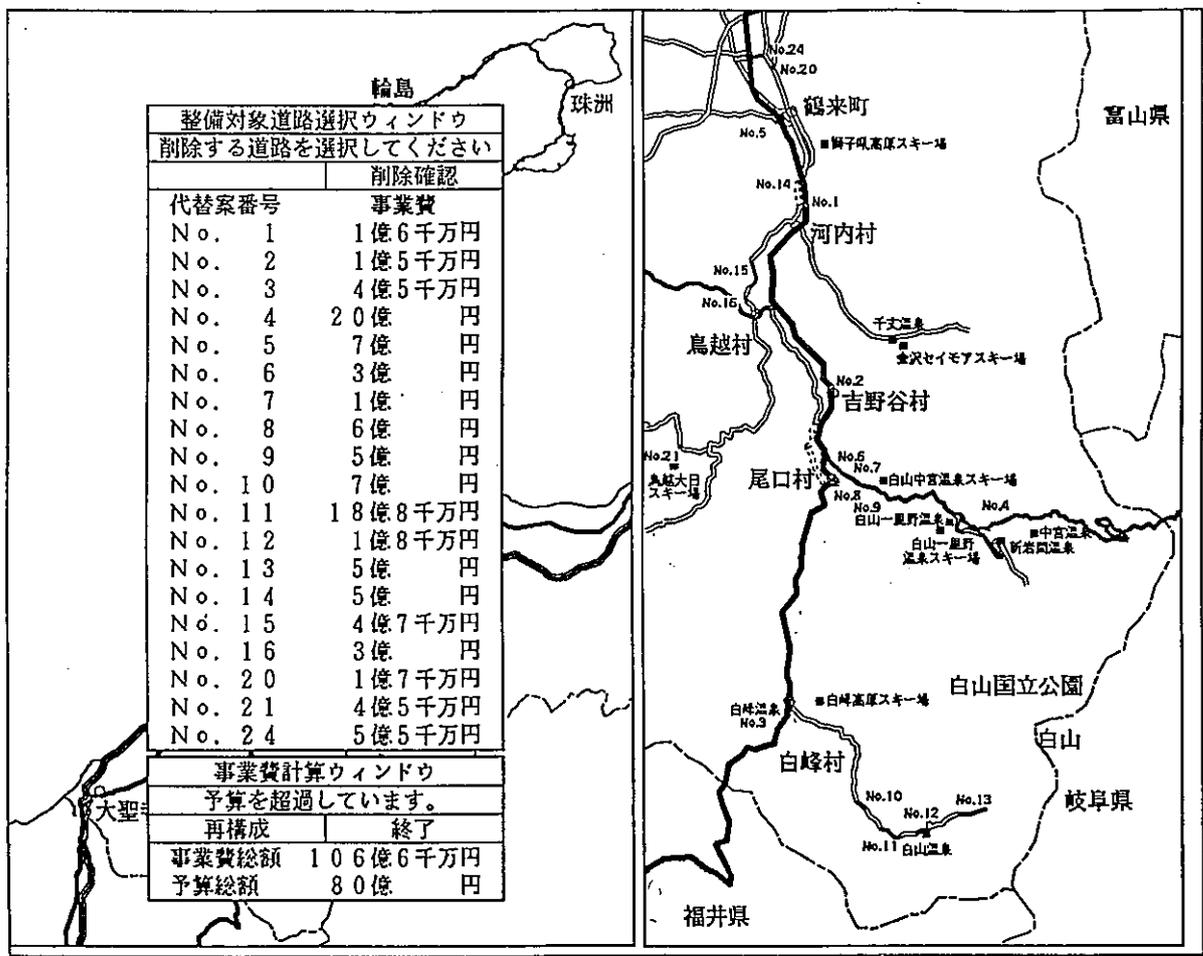


図5-2-8 24道路の事業総額と予算の比較画面

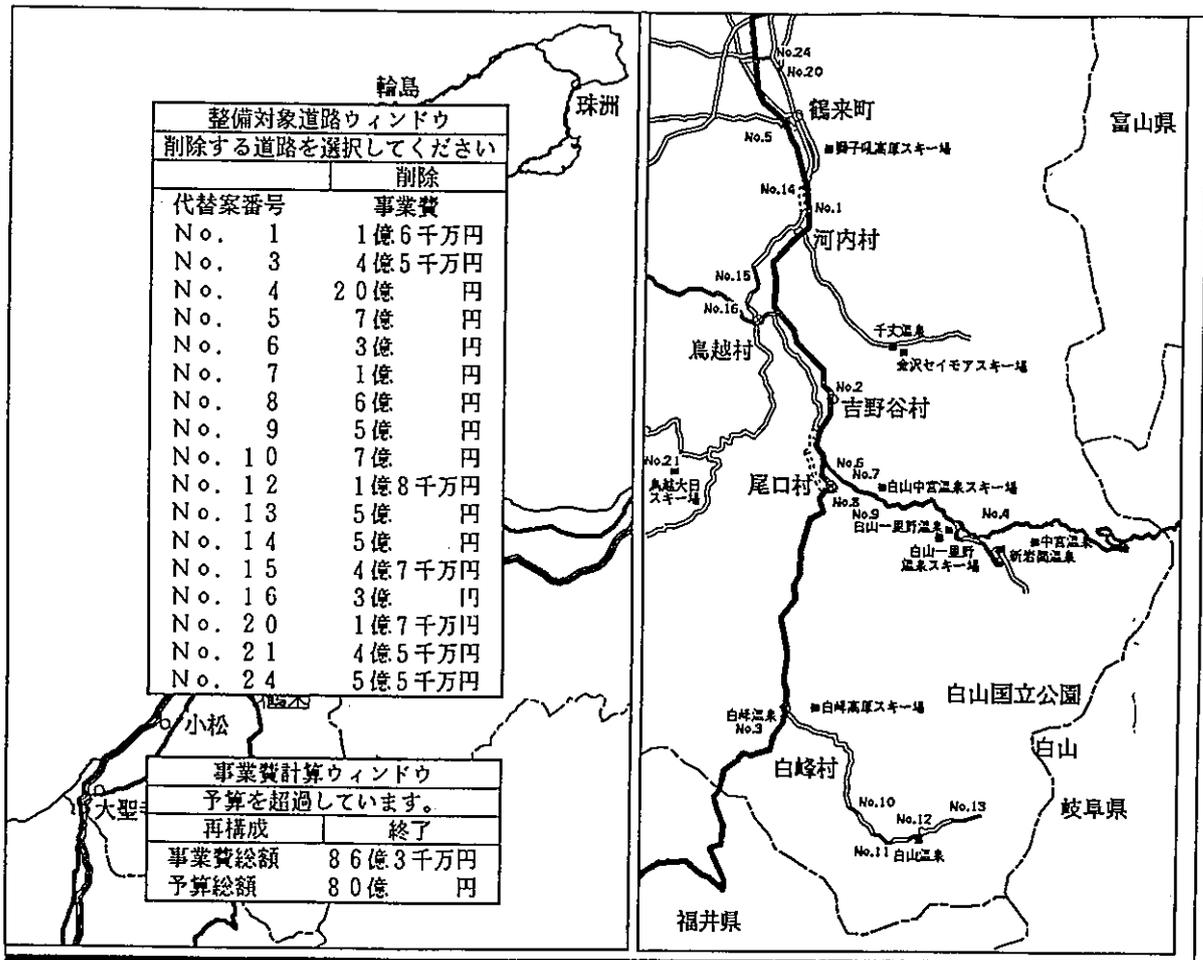


図5-2-9 No. 2とNo. 11 を除外した道路の事業総額と予算の比較画面

そこで今度は、No.3, 8, 11 の3道路を構成から除外してみた。その結果図5-2-10に示すように予算を下回っている。これが本システムの支援のもとで作成された一整備構成案とすることができる。そして〔終了〕をマウスクリックすると図5-2-11の右ウインドウに示すような道路整備地図案が作成される。

一方、この案に満足できなければ、整備構成道路の再選択、さらにAHP順位の再指定まで戻って再度検討が可能となっている。

このように支援システムは、地域特性を評価に反映することを目的として、単位道路の優先付けという主観的判断を数値化する支援を行うだけでなく、さらに主観的優先順位を反映した地図を用意することで、予算をチェックしながら地域の公平性や他の整備との関係を考慮しながら構成することを支援することが可能となっている。特に本章では、後者の支援のために提案した”AHP評価付地図”が、最大の特徴となっている。

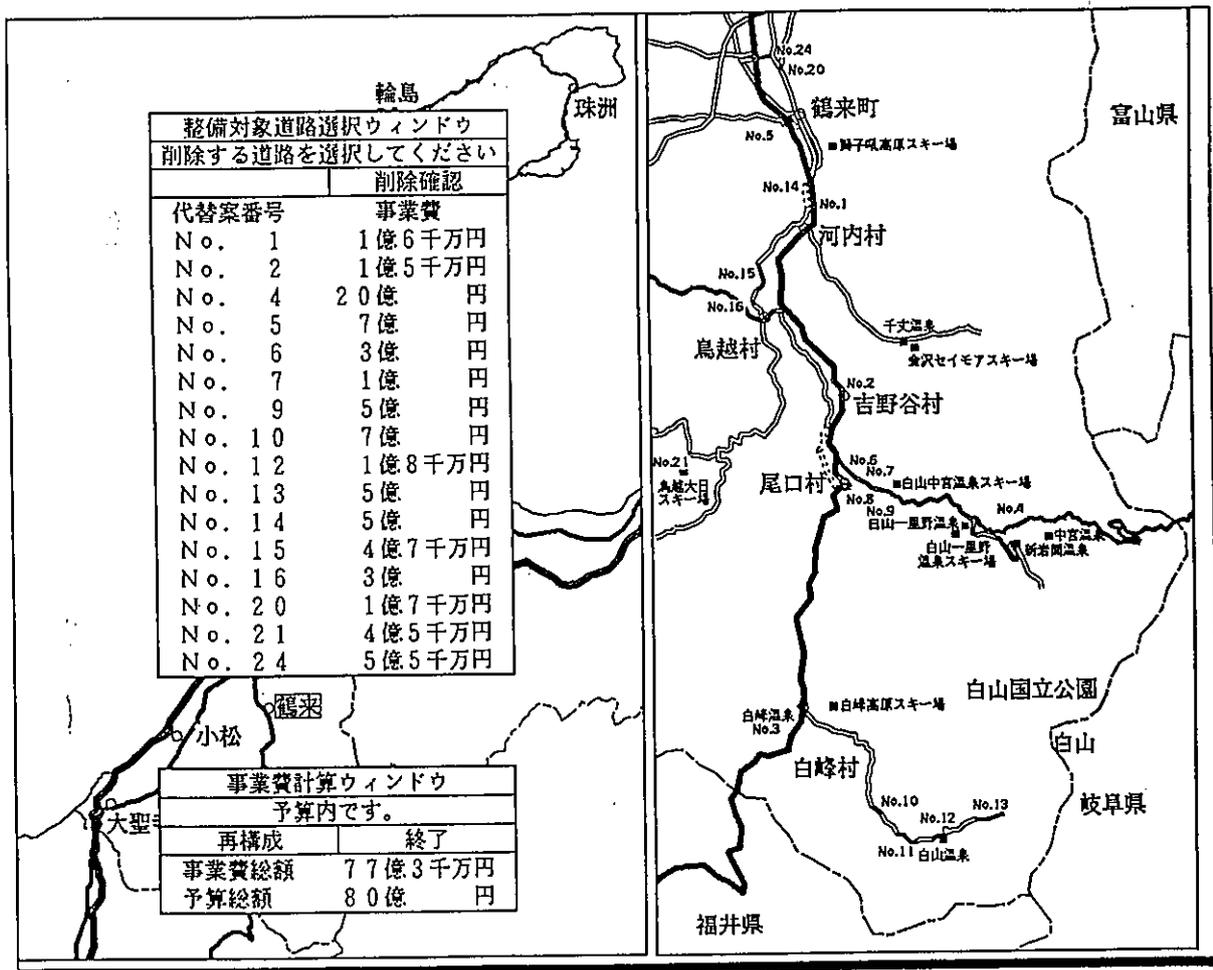


図5-2-10 No. 3, No. 11とNo. 18 を除外した道路の事業総額と予算の比較画面

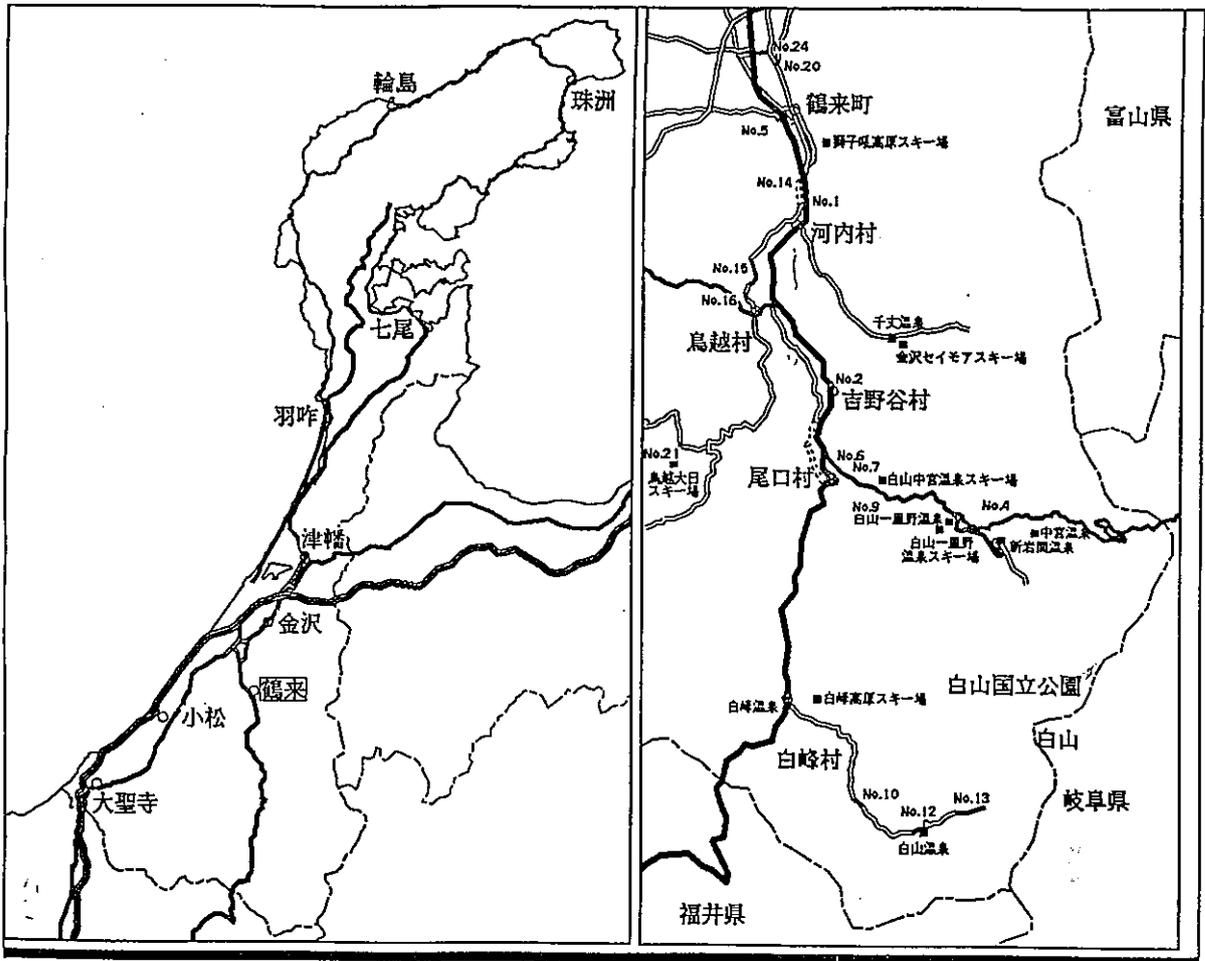


図5-2-11整備地図案

以上事例をもとに提案システムについて述べた。しかし、本システムには多くの課題が残っている。まず、地図データベースがないため地図座標を手作業で行っており拡張性に乏しい。今後は、国土地理院の地図データベースの導入を検討する予定である。また本システムでは、整備構成案を一括して作成できても年度別の計画の作成ができないという問題がある。今後はこのような細かな支援を考える必要がある。また道路整備以外の橋梁等の整備計画をシステムに反映させることでより効率のいい計画案が作成できよう。そのためのデータベース構築・活用を考えなければならない。そして、それらと並行して実際の専門家による実証研究を行う必要がある。

参考文献

- 1) Saaty, T.L.: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.
- 2) Warfield, J.N.: Toward Interpretation of Complex Structural Models, IEEE.SMC-4, No. 5, 405-417, 1974.
- 3) 木俣昇, 竹村哲: 問題認識のためのマルチウインドウ型支援システムの開発, 土木学会論文集, No. 449, IV-17, 203-212, 1992.
- 4) Warfield, J.N.: Crossing theory and hierarchy mapping, IEEE.SMC-7, No. 7, 505-523, 1977.
- 5) Saaty, T.L.: A scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, JOURNAL OF MATHEMATICAL PSYCHOLOGY, 15, 234-281, 1979.
- 6) 野村淳二, 沢田一哉: ワークステーションの機種選定, AHP事例集, 日科技連, 37-47, 1990.
- 7) 福島 徹, 坂井 信行: 対話型システムにおける代替案評価モデル, 土木計画学研究・論文集, No. 8, 289-296, 1990.
- 8) 寺野 隆雄: ダムゲート診断エキスパートシステムとAHP: オペレーションズリサーチ, Vol. 31, No. 8, 500-504, 1986.
- 9) 竹村哲, 木俣昇, 磯村隆司: 社会基盤整備のためのISM-AHP 連動化支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, No. 16, 415-422, 1993.