

地震時緊急路網の整備計画に関する基礎的研究

—ソフト・システムズ・アプローチ—

Study on Road Network Improvement Project
for Post-Earthquake Emergency Activities
— A Soft Systems Approach —

*

木 俣 昇

By Noboru Kimata

The author have discussed a practical index to evaluate a reliability of road-network for post-earthquake activities and proposed overall reliability as an index. In this paper, I try to develop a new soft systems approach to the road-network improvement planning based on the index. First, I propose a soft system which can activate human intuitive judgement to evaluate serviceability of component roads by supporting system called VISMS. It also help to draw up feasible alternatives to achieve the given goal. Secondly, I develop a comprehensive evaluation system of alternatives using AHP method. And I design a total system and through its application I demonstrate that we need a new planning philosophy which demand responsibility.

1. まえがき

近年、東京都墨田区や横浜市などいくつかの自治体で“防災拠点”の建設がなされている。これは、広域避難場所、緊急車両基地、救急医療センター等を兼ね備えた施設で、地震直後の地域の諸緊急活動の中心となるものである。しかし、「緊急車両が交通渋滞に巻き込まれ、思うような活動ができなかった」とする宮城県沖地震の報告書に示唆されているように、この構想も、これら施設建設単独では十分には機能しえない。即ち、防災拠点を中心とする地域に、緊急路網の整備が十分になされていることが前提となる。

この整備度は、緊急路網の信頼性によって評価される。その意味では、これは、近年盛んに試みられ

ている地震時のライフライン系の信頼性研究の系列に属する。緊急路網の整備計画では、上述した防災拠点の性格からいって、防災拠点と地域の全ての現場（主要点）との機能的連結性、例えば、緊急車両が基地から地域の全ての現場へ出動できる経路の保証性、即ち、防災拠点をソースとして、現場をターミナルとするSAT信頼性（Source to All Terminal Reliability）で評価する必要がある。

これに関しては、著者は、前論文で、防災拠点と緊急路網のモデル概念を用いて、その必然性を示するとともに、SAT信頼性の実用的計算に付きまとう計算量の増大化に対処するために、それと特殊な場合において等価となり、しかも計算量の抑制に有効な Z. Khalil の分割法が適用可能な全点信頼性、 $R_o(G)$ (Overall Reliability) を、その実用測度として採用することを提案した⁵⁾。本論文では、この測度を整備度指標とする緊急路網の整備計画シ

* 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部基礎
工学教室 (〒921 金沢市小立野 2-40-20)

システムに関する研究を試みる。

それには、

- ①個別道路の機能的連結性評価システム
- ②実効的な整備方策の作成と選定システム

の付加が必要になる。

これらのシステムでは、いろいろな要因を総合化することが求められる。また、問題となる事柄も、当初は必ずしも明確ではない。例えば、課題①では緊急車両が走行可能な道路の機能的連結性とはどのような状態をいうのか、それは多くの要因で規定されるだろうが、それらをどのようにして総合化するのか、などが問題となる。このことは、後述するように課題②でも同様である。

著者は、このような課題に関しては、“学習”をパラダイムとし、人間の経験的知識、直観力を重視し、問題の認識から始めるソフト・システムズ・アプローチが有効と考える。そこで、本論文では、防災拠点を中心とする緊急車両路網の整備計画に問題を限定し、代替案の作成と総合評価のプロセスにVISMSとAHP法を導入したソフト・システムズ・アプローチ法の展開を試み、その可能性と問題点について考察する。

2. 緊急車両路網の整備度評価システム

2.1 整備度指標算定システム

緊急車両路網の機能は、「防災拠点より責任エリアの全ての地点への緊急車両の出動を可能にすること」といえる。1. で述べたように、前論文ではその評価法について報告した。本節では、それを核とする緊急車両路網の整備度指標算定のトータルシステムについて説明する。

図1がその基本フローで、個別道路の機能的連結性評価システムと、それらを構成要素とする網の全点信頼性算定システムよりなっている。まず、個々の道路の機能的連結性は、当該道路に対する緊急車両の走行性の程度で評価される。緊急車両の走行性は、道路本体、道路上、および周辺の状況など多くの要因によって規定される。従来の研究では、道路の機能的連結性を低下させる要因として、斜面崩壊橋・トンネルの破壊などを取り上げ、それらの破壊確率を推定し、いくつかの仮定の下で総合化するこ

とがなされてきた^{2), 3)}。

このような方法は、物理的な実験によるデータの収集と検証が可能な埋設管の機能的連結性の研究などにおいては有効であろう。しかし、地震直後の緊急活動では、道路の物理的な破壊のみではなく、前述した宮城県沖地震の例のように、交通渋滞といった社会的な要因も十分に考慮する必要がある。従って、一般に実験によるデータの収集や検証は極めて困難である。加えて、大地震という“まれな事象”であるため、統計的に処理しうほどのデータの集積もない。このような困難さは、社会的な事象を含み、かつ“まれな事象”を対象とする防災計画に共通する問題であろう。

本研究では、整備計画の代替案の作成に大きな関心があり、必ずしも絶対的な数値を必要とするわけでもないこともあり、著者が開発してきた人間の直観力を活用するソフト・システムズ・アプローチによる評価システムの適用を提案する。図1のサブシステムIは、このような考え方で展開した文献4)

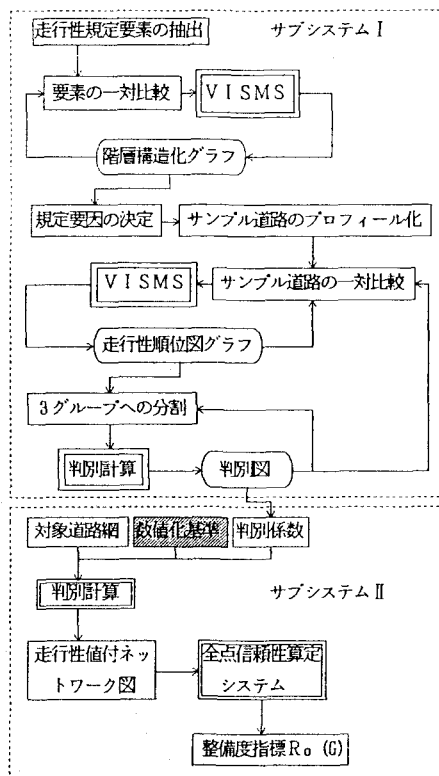


図1 緊急路網の整備度指標算定システムの基本フロー

の方法を踏襲したシステム化である。

学習をパラダイムとするソフト・システムズ・アプローチでは、人間の直視力の活用を最大の特徴とする。それは素晴らしい把握力を示すとともに、先入観や思い込みに引きずられ易い主観性の強いものである。図1のサブシステムIでは、このことを念頭に、「主体」の関与する部分と支援システムによる処理の部分とを区別し、主観的判断の客観化のためのフィードバック機構を明示している。本システムでは、このフィードバック機構の多重化が第一の特徴である。第二の特徴は、このフィードバックに際して、要因階層化図、順位図、判別図といった視覚化を多用していることである。このことは、主体に、言語だけでなく、図解の処理をも求めることになり、左右脳半球の機能の活用による総合化がより促進されることを期待している。

第三の特徴は、直観的把握力を積極的に評価する一方で、その限界をも認識し、適用に際しては、「走行性良」、「走行性中」、「走行性下」の3グループ程度の識別力があるとしていることである。

サブシステムIの判別関数の計算と判別図の作成部分は、この検証と適用のための一般化のプロセスを担っている。後述するが、この判別関数の係数はまた、個別道路の改良のための代替案作成にも使用される。この部分については、2.2の適用事例のところでさらに説明する。

サブシステムIIでは、これらの個別道路に、その相対的順位に基づき走行性の値を想定することから始まる。ライフ・ライン系の信頼性研究では、それは構成要素の破壊確率として与えられる。しかし、上で述べたように、本システムでは、整備計画の代替案の作成を目的としており、必ずしも絶対的な値を必要としているわけではない。そこで、本研究では、図1に示したように、このことが明示的なシステム化の下で、相対的な順位を反映する数値を操作的に与えることにしている。操作的とは、この与え方の影響は、「主体」が数値の変更を通して、操作的に検討できるという意味である。ここでも「主体」が関与するシステムとなっていることに注意してほしい。

緊急車両路網の整備度指標、 $R_o(G)$ は、この数値付きグラフを Z. Khalil の提案している2つの分

割法を使い分けて、次々とサブグラフに分解し、分解されたグラフとその変形グラフの全点信頼性を用いて計算される。この全点信頼性算定システムの詳細は文献5)に譲る。

2.2 個別道路の走行性評価事例

図1のサブシステムIは、基本的には論文4)で詳述したものと同じである。2.1で述べたように、このシステムで決定される判別関数の係数は、整備計画の代替案の抽出にも活用される。そこで、重複を恐れず若干詳しく報告しておく。

まず、規定要因の決定プロセスでは、12個の要素を用いてVISMSを適用し、数度のフィードバックを繰り返し、階層構造図を作成し、最終的には、個別道路の走行性規定要因として、その図の最下層にあり、しかも客観的に観測できる7つの要素を採用することにした。次に、これら規定要因の影響度を、ランク値が高いほど、その道路の走行性が相対的には高くなるように、表1のようなランク値表を設定した。そして、走行性順位図は、20本のサン

表1 走行性規定要因とランク値

要 因	基 準	ランク
1 道路幅員	14 m ~	1
	10.5 m ~ 14 m	2
	7 m ~ 10.5 m	3
	7 m ~	4
2 交通量 (12時帯交通量 AM7:00~PM7:00)	~ 10,000 台	1
	10,001 台 ~ 15,000 台	2
	15,001 台 ~ 20,000 台	3
	20,001 台 ~	4
3 路側面建造物	ほとんどなし	1
	危険建造物数 小	2
	危険建造物数 中	3
	危険建造物数 大	4
4 道路強度 (アスファルト厚)	15 cm ~	1
	10 cm ~ 15cm	2
	7 cm ~ 10cm	3
	7 cm ~	4
5 橋梁強度	橋がない	1
	強い	2
	中程度	3
	弱い	4
6 地盤タイプ	I 種	1
	II 種	2
	III 種	3
	IV 種	4
7 危険物の数	0	1
	1	2
	2	3
	3 ~	4

ル道路に対して、” i は j より走行性が高いか？” という関係ステートメントの下で一対比較し、V I SMSによって作成した。

判別計算は、この図を適当なレベルで3分割し、第一のグループに属する道路を「走行性良」、第二のグループを「走行性中」、第三のグループを「走行性下」と仮定し、グループ k に属する i 番の道路の j 番目の特性値を

$$x^k_{ij} : k = 1 \sim 3, j = 1 \sim 7 \quad (1)$$

として行い、三群判別関数の係数を a^k_j , c^k を算定する。

$$z_{21} = \sum (a^2_j - a^1_j) x_{ij} + (c^2 - c^1) \quad (2)$$

$$z_{32} = \sum (a^3_j - a^2_j) x_{ij} + (c^3 - c^2)$$

とおけば、 z_{21} を横軸、 z_{32} を縦軸とする図示において、グループ1, 2, 3は、それぞれこの図の第一、第二、第三象限に配置される。著者らのシステムでは、この順位図における3分割の位置さえ指示すれば、その判別結果が、図2に示すような画面上に、順位図に基づくグループ区分をカラー別(図2では記号別)にして分類・表示してくる⁴⁾。「主体」の主観的評価の客観性の度合いは、色が混在しない判別図が描けるかどうかで判断される。ここでも「主体」にどの段階でフィードバックを終了するか意思決定が求められる。

表2は、このような整合性が確認された事例の判別関数の係数である。この表には、道路を走行性良と中、走行性中と下に規定する要因の順位が記してある。この係数が決定されれば、それを参考に、走行性中の道路を良に、走行性下を中に改良するとき着目すべき要因の順位を推定することができる。この活用法については、次節で述べる。

3. 整備計画の代替案選定システム

3.1 代替案作成のプロセス・システム

道路整備には、既存道路の改良と新規道路の開設とがある。しかし、都市部においては、後者は中・短期的には実行可能性が低い代替案である。図3はこのことを前提に、2. で述べた評価システムを支援システムとする整備・改良工事代替案作成の基本

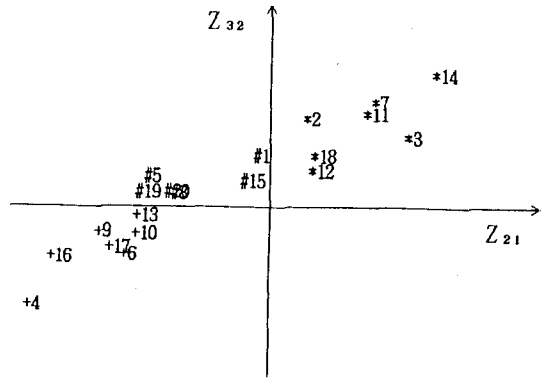
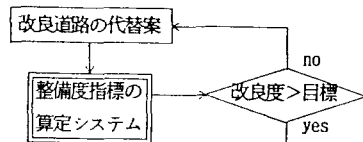


図2 三群判別関数による判別図

表2 三群判別関数の係数

要因	$a^2_j - a^1_j$	順位	$a^3_j - a^2_j$	順位
幅員	-9.34	1	-4.97	1
交通量	-9.16	2	-2.77	3
路側面建物	0.99	-	0.11	-
道路強度	-0.06	5	-0.97	6
橋梁強度	-1.05	4	-3.21	2
地盤タイプ	-5.54	3	-2.57	4
危険物	1.51	-	-1.61	5
定数項	50.8		36.89	

step 1



step 2

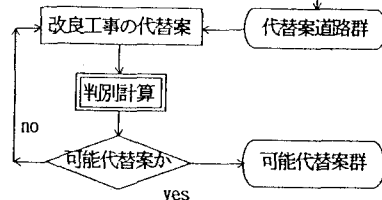


図3 代替案作成の基本フロー

プロセスを示したものである。

step 1 は、その改善によって計画目標が達成可能な道路群を抽出するプロセスである。ここでは、まず、走行性が”中”あるいは”下”の道路に着目する。そして、それらを1グループ上の”良”あるいは”中”に改良したときの整備度指標を、2. で述べた算定システムを用いて計算し、目標値以上となる道路を「代替案道路群」とする。step 2 は、この代替案道路に対して、それらを1グループ上に改善するために必要な改良工事代替案を抽出し、「可能代替案」を作成するプロセスである。この作業は、前述したように、判別関数の係数を用いることによってシステムテックに行える。

具体的には、例えば、走行性が”下”の道路を”中”に改善する代替案を抽出するには、表3に示すような判別関数、 z_{32} の係数と、当該道路の現状のランク値よりなる表を用意する。そして、判別値を算定し、係数と比較し、 z_{32} を正にしうるランク値の変更を見出せばよい。このとき、図2より分かるように、この道路は第三象限から第二象限に移動しグループ2に改良されたことになる。このランク値の変更に対応する整備・改良工事が「可能代替案群」ということになる。

2.2 では、規定要因として7つのものを選定したしかし、表2の係数表に示されているように、その

表3 可能代替案の抽出表

要因名	$a^j, -a^{2j}$	現状特性	代替案1	代替案2
幅員	-4.97	2	①	2
交通量	-2.77	4	4	②
路側面建物	0.11	2	2	2
道路強度	-0.97	1	1	1
橋梁強度	-3.21	2	2	2
地盤タイプ	-2.57	3	3	②
危険物の数	-1.61	3	3	3
判別値 z_{32}		-3.82	1.15	1.52

表4 整備・改良の基本代替案

要因	代替案	要因	代替案
幅員	道路の拡幅	橋梁強度	橋梁強度の改善
交通量	交通量の抑制	地盤タイプ	地盤の強化
道路強度	道路強度の改善	危険物	危険物の除去

中の一つ、「路側面建物」は、結果的には道路の走行性を規定する力はないとされている。従って、ここでいう整備・改良工事の基本代替案は、表4に示す6つということになる。

3.2 代替案の実施難易度の評価システム

上述の段階までは、代替案の実行の難易度は直接には考慮されていない。本節では表4に示す6つの基本代替案を、ソフト・システムズ・アプローチ手法の一つであるAHP法を適用して、「改良に要する費用」と「改良に要する時間」の2つの側面より難易度評価することを考える。

ここでも主観的判断の客観化の論理が必要になる。AHP法では、その基準として、周知のように整合度(C.I.)と整合比(C.R.)の2つが使用される。通常は、これらの値が共に0.1以下であれば、特に問題はないとされている。

まず、要因の階層図としては図4を考える。レベル2の要因は複合要因である。要因の数が多い場合や、複合要因の展開が必要な場合には、ここでもVISMを使用するのが望ましいと思われる。われわれは、整備計画の対象となっている地域を特定し表1のランク値を1ランク改良するとすればという状況設定の下で、「主体」にこの階層図のままで一対比較を依頼した。

レベル1からみたレベル2の要因の評価結果は、人によって大きく異なる。それは、一つには緊急車両路網の整備計画に対する価値観、考え方の違いによる。しかも、表5に示すように、全く逆の評価結果も成立しうる。なぜならば、ここでは要因の数は2個であり、上記の整合度は常に”0”となり、全く問題になってこないからである。著者は、これら

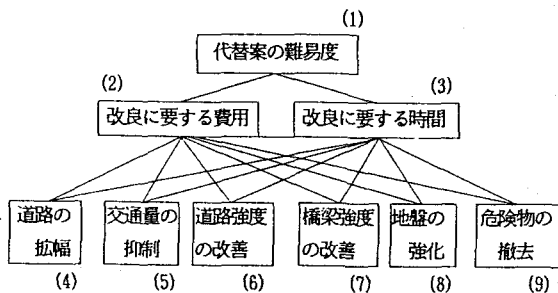


図4 代替案の難易度評価に関する階層化図

を政策変数と考え、操作的に数値を設定し、代替案の選定に際しての影響を通して検討すべきものとする。表5の(1)は費用重視型の例で、(2)は時間重視型の例である。そのweightは、前者では費用に0.75、時間に0.25となる。後者ではそれが逆になる。どの政策が必要かは、当該地域における地震発生予知と関連する問題となる。

AHP法のいろいろな適用事例で、階層構造の下位に位置する要因については、人による違いは少ないが、上位のものについては大きいことが報告されている⁶⁾。要因階層構造図では、上位には政策的なもの、価値的なものがきて、下位には現象的なもの、物理的なものがくる。このことが大きな理由だろうが、いま一つには、階層構造では上位ほど要因の数が少なくなることも原因がある。即ち、要因数が少なければ、この整合性基準は比較的容易に意識的に獲得することができ、いくつもの整合性をもったしかも主体の本心ではないweightが出てくる可能性が否定出来ないからである。

表6は、レベル2の要因からみたレベル3の要因の対比較の結果によるweightである。ここでは3種類の実験結果を示している。1回目の実験で、費用(2)に関しても、時間(3)に関しても、ともにC.I., C.R.は0.1より小さく、その意味では整合性がある結果が得られている。著者は、上述のような理由で、同一評価主体に、1月後に再度対比較を行ってもらった。また、順序、組み合わせをランダムにした対比較も行ってもらった訳である。

まず、マトリックスを見ながら対比較結果を逐次埋めていく場合(実験2)では、予想通りにともに一回でC.I., C.R.が1以下となった。しかし、ランダムな組み合わせで、かつ対比較結果が参照できない場合(実験3)では、費用に関しては、一

回で一応整合性有という結果が得られたが、時間に関しては、再検討が必要となり、2回目でC.I., C.R.が1以下となった。人間の直観的把握力に期待するソフト・システムズ・アプローチの採用に際しては、ある意味ではマキャアベリアンである必要があるだろう。

この3つのケースは、ともにAHP法の基準を満たしている。どのケースのweightを採用するのかの判断は難しい。単純に、最新のもの、C.I., C.R.の最小のものとはできない。AHP法では、複数の主体が関与してくる場合には、一対比較結果の段階で幾何平均を取ることを提案している。著者は、先の論文で、間(相互)主観的批判(テスト)可能性という考え方を提案した。それは、結果の批判(テスト)可能な状態での提出と、他主体からのフィードバックを主観的評価の客観化の契機としようとするものである。

AHP法やVISMSは、主体の問題認識の階層構造化図の使用と、数値化に際しての相対評価の明示性により、この”契機”を用意している。他主体は、この構造化図と数値を手掛かりに、評価結果をトレースし、テストし、批判することが可能となっている。しかし、これらも必要条件ではあって十分条件ではない。この問題は、最終的には、計画システムにおける主体性と責任論に関連してくるもので

表7 基本代替案の総合weightと難易度順位

政策代替案	道路の拡張(4)	交通量の抑制(5)	道路強度の改善(6)	橋梁強度の改善(7)	地盤の強化(8)	危険物の撤去(9)
I weight	0.451	0.072	0.062	0.051	0.176	0.171
I 順位	1	4	5	6	2	3
II weight	0.450	0.158	0.050	0.038	0.138	0.155
II 順位	1	2	5	6	4	3

表6 各要因のweightの算定結果

視点	改良に要する費用							改良に要する時間						
	4	5	6	7	8	9	C.I. C.R.	4	5	6	7	8	9	C.I. C.R.
実験1	0.513	0.032	0.048	0.077	0.128	0.202	0.035 0.028	0.496	0.168	0.042	0.030	0.071	0.195	0.066 0.053
2	0.408	0.026	0.068	0.050	0.219	0.180	0.069 0.049	0.454	0.232	0.048	0.038	0.112	0.116	0.060 0.042
3	0.437	0.029	0.088	0.049	0.241	0.156	0.049 0.034	0.402	0.215	0.046	0.029	0.174	0.133	0.062 0.044

表5 レベル2の要因の対比較例

(1) 費用重視型例			(2) 時間重視型例		
視点①	②	③	視点①	②	③
②	1	3	②	1	1/3
③		1	③		1

あろう。ここでは、本論文で提案しているシステムがこの必要条件を具備していることを指摘するにとどめ、単純に3ケースのweightの平均値を使用し、費用重視型 (I) と時間重視型 (II) の場合の総合weightを表7に示しておく。ここでも「主体」による意思決定がなされていることを指摘しておく。

4. 適用事例と考察

対象地域は、金沢市の中心市街地で、前論文と同じ図5に示すような地域である。防災拠点は基地Aと基地Bの2か所で、その責任エリアは半径約2kmとし、主要交差点を現場として想定している。構成道路の走行性は、表1, 2を用いて評価し、「走行性良」、「走行性中」、「走行性下」の3分類にそれぞれに0.9, 0.8, 0.7という数値を対応させて表示している。この数値は、前述したように操作的なものに過ぎない。

基地A, Bを中心とする2つの地域の緊急車両路網の整備度を、2.1で述べたシステムによって算出すると、それぞれ0.716, 0.689となる。そこで、防災計画における社会的公平性という観点から、基地Bの責任エリアにおける整備計画の達成目標を0.716としたとして、計画案の検討を行ってみる。

まず、図5には緊急車両の走行性が「下(0.7)」とされる道路が5本(P₁, P₂, P₃, P₄, P₅)ある。これらを代替案として、図3のプロセスを開始する。即

ち、これらの道路の走行性を「下」から「中」に整備・改良したときの効果を算定する。道路網の構造から推測されるように、P₂とP₃, P₄とP₅は、それぞれ同じ改良効果を持ち、前者の道路の整備・改良によって、整備度指標は0.718に、後者では、0.719に改善される。一方、P₁の同様な整備・改良では、0.694にしか改善されない。従って、P₂~P₅が、まず、「代替案道路群」ということになる。

次に、これらの道路の走行性を「下」から「中」に整備・改良する工事の「可能代替案」を表4の6つの基本代替案とその組み合わせとして、前出の表3を用いて抽出する。この表は、実はP₂を事例としたものであった。まず、現状の判別値z₃₂は-3.82となる。従って、単一代替案としては、-4.97という係数をもつ「幅員」に対応する「道路の拡幅」のみが可で、他は組み合わせが必要である。例えば、「交通量の抑制」は、それに対応する係数は-2.77であり、現状値-3.32との差である-1.05以下の係数値を持つ要因に対応する基本代替案との組み合わせを考える必要がある。それが表3の代替案2である。同様に、他の3道路についても検討することができる。まず、いずれも現状のz₃₂値が-0.5以上であり、しかも基本代替案に対応する判別関数の係数は全て-0.9以下となっており、従って、いずれの基本代替案も、単一代替案として「可能代替案」となる。

最後に、これらの可能代替案の実施上の難易度の評価を行う。「可能代替案」の難易度の順位付けは

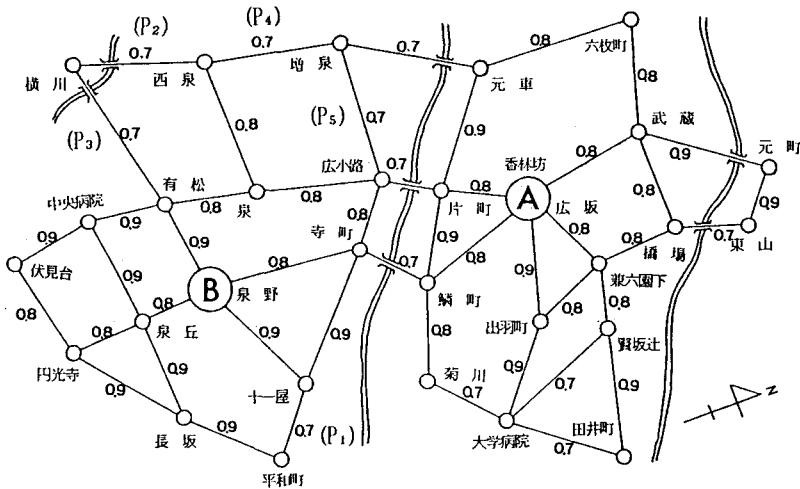


図5 対象地域の緊急車両路網

次式の y_i によって行える：

$$y_i = \sum w_j \delta_{ij} \quad (3)$$

ここで、 w_j は表7の係数である。 δ_{ij} は0, 1の値をとる変数で、代替案 i に j 番目の基本代替案が含まれるときのみ1をとる。

これを適用した結果、まず、費用重視型の場合には、 P_3, P_4, P_5 での「交通量の抑制」が最も容易で、次が、同各路線での「危険物の撤去」となった。 P_2 についてはどの代替案も、上のどれに対しても困難である。また、この道路に関しては単一代替案である「道路の拡幅」よりは「交通量の抑制」と「地盤の強化」、あるいは「危険物の撤去」との複合代替案の方が容易となった。一方、時間重視型の場合には、 P_3, P_4, P_5 での「地盤の強化」が最も容易で、次が、 P_4, P_5 での「危険物の撤去」である。 P_2 については、やはりどの代替案も困難であるが、ここでは「地盤の強化」と「危険物の撤去」の複合代替案が比較的容易となっている。

以上の分析の結果、基地Bの責任エリアの緊急路網の整備計画としては、費用重視型の政策を採用するとすれば、横川-有松、西泉-増泉、増泉-広小路のいずれかでの「交通量の抑制」が、時間重視型を採用するとすれば、同上の道路のいずれかでの「地盤の強化」が、望ましいことになる。「交通量の抑制」は、その性質上、単一区間のみというわけにはいかず、例えば、西泉-増泉、増泉-広小路の改良となり、整備度指標は、0.741と目標値を越えること、また、西泉-増泉、増泉-広小路の「危険物の撤去」は、いずれの政策においても次善の策という位置付けとなっていることも、ソフト・システムズ・アプローチの特性を考慮すれば、選択リストに記載しておく必要があるだろう。

5. あとがき

本論文では、社会的事象を含み、しかも”まねな事象”であるために、実験的方法も統計的方法も困難な防災計画の特殊性に対処する方策として、人間の直観力を活用するソフト・システムズ・アプローチ法の展開を試みた。Checklandは、”学習”をパラダイムとするこのアプローチ法では、開始点はあるが明確な終了点はないとしている¹⁾。この方法論

を社会的計画に導入するには、しかし、この点を解決する必要がある。著者は、この方法論の展開の中で、「主体」が判断する部分、責任をとる部分と、システムテックに処理される部分の存在性を示すことで、一つの展望を示すことができたのではと考えている。それは、最終的には、計画におけるリスクを誰が負うのかという問題に係わるものである。

技術的には、本論文では、主観的総合評価のシステム化に際して、VISMとAHP法を使いわけた。少なくとも、走行性順位図の作成には、AHP法を採用する方法も考えられた。この場合には、まず最初に各レベルでの要因のweightが決定され、それによって各道路の評点が算定される。順位は、この評点によって決定される。上で述べたシステムでは逆で、「評価主体」は、要因の重みは事後的に知らされることになる。この意味で、両システムの比較研究は、ソフト・システムズ・アプローチの本質に係わるものとして興味がある。本論文のサブシステムのレベルアップとともに、これについても稿を改めて報告したいと考えている。

参考文献

- 1) Checkland, P.: Rethinking a Systems Approach, 43-60, R. Tomlinson (ed) "Rethinking The Process of OR & SA, Pergamon Press, 1984.
- 2) Fenves, S. J., H. Law: Expected Flow in a Transportation Network, 2nd U.S. Natl. Conf. Earthquake Eng., 673-682, 1979.
- 3) 川上英二: 道路交通システムの機能上の耐震性の一評価方法, 土木学会論文報告集, 327, 1-12, 1982
- 4) 木俣 昇: I S M法に支援された大震時避難路の安全性評価システムに関する基礎的研究, JORSJ, 8-1, 31-50, 1985.
- 5) 木俣昇, 石橋聡: 地震時緊急路網のシステム信頼性評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, 6, 145-152, 1988.
- 6) Saaty, T. L.: The Analytical Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.