

I-531

震災後の道路網復旧過程に関する簡易優先度評価法

大阪府立高専 正員 宮脇幸治郎

1. はしがき

本研究は被害を受けた道路網に対して、どの箇所から復旧させるか、その優先度の決定システムについて取り扱っている。まず、地震が発生し、対象とする地域の道路網が被災し、現地調査等により各被災箇所での被災状況が把握される。しかるのちに、各リンク毎の被害箇所、被災程度等のデータの入力を行なう。その後、優先度決定方法の選択をAI的手法により行なう。すなわち交通機能回復度法、被害影響度法、復旧費用期間法のいずれかを選択する。被害影響度法を選択した場合は、災害規模、迷惑度、投資社会資本量、付加施設災害の内、どの項目で算定するか入力する。優先度が競合する場合には、選択した優先度決定方法がメタ知識（meta-knowledge）となるように競合解消を行なうものとする。本評価は、おおまかな方法であるが程度の優先度の決定に判断資料を与えているものと考えられる。

2. 基本的概念

（1）震害状況入力システム 震害状況把握について建設省は、「土木構造物の震災復旧技術マニュアル（案）」の中で被災調査の方法として、詳しく述べている¹⁾。震災を受けた地域が、非常に広範囲にわたる場合は国政レベルの復旧を考える必要があるが、その場合でも建設省地建レベル、地方公共団体レベルの小領域の復旧手順というものを考えておく必要がある。ここでは、都道府県またはもう少し小さい2、3の市町村が合わさった行政区レベルを対象にしてその復旧を考えてみる。また緊急性の高い第一段階の復旧により、第二段階の応急復旧以後の段階での復旧優先度を決定するため、本手法は有益な資料を提供すると思われる。

まず、被害の状況は航空写真または平面、縦横断測量により、その規模を把握する。ここで、震害状況入力システムは、（a）被害リンク番号、（b）被害箇所、（c）被害モード、（d）被害規模、（e）被害程度の諸量がデータ化される。

（2）ネットワークデータシステム 道路網復旧優先度を決定するためのデータベースには、現状における道路網データ、被害状況によるデータおよびランク付けされたデータのように大別して3つのデータが考えられる。

（3）推論機構システム 一般に推論機構とは、ワーキングベース内の要素とプロダクションベース内のIF部の照合をして、条件が成立したら、THEN部の行動を行なう場合、これらの作業に伴う一連の処理を行なうプログラムをいう。ここで、推論機構の照合・操作の作業において、照合の結果として成立する条件（内容）をすべて選びだした状態では、競合状態が発生しうる。ここで、優先度の競合解消は、最も新しい推論によって操作要素を作成する。まず道路震害影響度法が最初に復旧優先度を与えて、さらに、道路復旧費用期間法あるいは道路交通機能回復法の評価が次に優先度を与えたならば、あとで評価した優先度が結果として推論される。このような与えられたデータから結果の出力までの流れは、フローチャートを図1のように表示することができる。

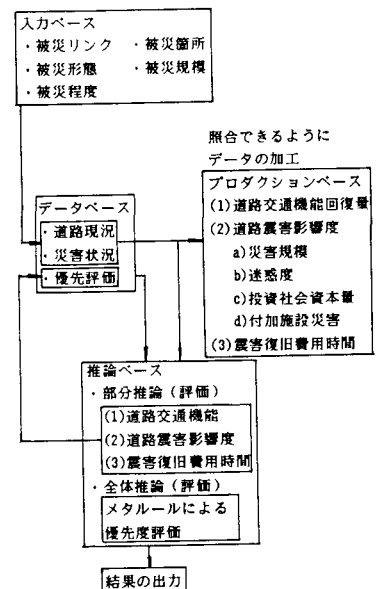


図 1 道路網復旧優先度決定のためのエキスパートシステムの流れ図

3. 道路網震害の復旧優先度の評価

（1）道路交通機能回復の評価 ここでは議論を簡単にするため、ある対象とする地域のネットワーク内に流れる交通

量とリンク内を流れるときの平均走行時間とを用いて、交通機能を評価する。

まず対象とする道路網の交通機能は、リンク i の交通量と所要時間との積で評価する。いま、被害を受けていない場合の機能が C_0 であり、あるリンク k が被害を受けて切断された場合の機能が C_k であるとする。このとき、 $\Delta C_k = C_0 - C_k$ (1)

なる量を求める。 $\Delta C_k (k=1 \sim N)$ は、切断されたリンクの交通機能の損失度を意味する。すなわち、この ΔC_k の大きさが、復旧された場合の回復度の大きさを意味している。そこで、本研究では、 ΔC_k の大きい順に復旧の優先度をつける。なお、ネットワーク内を流れる交通量ならびに走行時間は、自動車の交通配分問題として知られており、その解法には種々の方法がある。ここでは、若林ら²⁾のグループが開発した交通増加配分法によって交通量・走行時間を求める。

(2) 道路震害影響度の評価 地震によって道路の受けた被害の程度を定量化することを考える。これにはいろいろな評価量があるが、本研究には、災害規模、迷惑度、投資社会資本量、付加施設被害といった量を採用してみた。たとえば災害規模は、道路網が地震により被災した際、その被害規模により、復旧優先度が異なってくる。ここでは、被害の規模を M として、これをつぎのように定義する。道路、橋梁ではそれぞれ補修方法が異なると費用時間も異なる。災害規模が、そのまま復旧優先度に結びつかない。したがって、これを考慮するために、被害の程度は災害部区間、災害部幅員、災害程度、基礎高さの関数と考えられる。

(3) 震害復旧費用・期間・道路資産額による評価 最小極大木を発見する問題は、一つの応用として、グラフの頂点が都市を、辺の重みが都市間の道路および道路橋の復旧費用と考えた場合、最小の費用で全ての都市を連結する道路を復旧する問題と考えることができる。最小極大木を発見する手順には種々あるが、ここではKruskalの算法³⁾によって求める。本研究では、都市間の道路および道路橋の復旧費用の代わりに、復旧期間も考慮した等価な復旧費用・期間および道路資産額 R_{CPF} は次式のように定義する。 $R_{CPF} = \beta_1 \{ F_m + (\beta_2 C \cdot P - F \cdot L) \}$ (2)

ここに、 C : 復旧費用 (百万円) , P : 復旧期間 (日) , F : 1 kmあたりの道路資産額 (百万円/Km)
 L : 道路リンク延長 (Km) F_m : 全リンクの中で最大の道路資産額 β_1, β_2 : 換算係数

この R_{CPF} を各リンクに与えて、最小極大木を発見し、その中で被害があり、かつ R_{CPF} の最も大きいリンクから復旧されるとする。これにより連結性が確保されていく。

4. 計算例

対象地域として大阪東部の7市に対して計算を実施した。たとえば連結性の確保のために復旧費用時間法により表1のようなデータを用いて復旧優先度にしたがい図1のようなステップで復旧される。他の評価法による結果は、講演時に発表する。

5. あとがき

被害状況の入力からAI的手法で比較的簡単に、復旧時の道路網の連結性、確実性、大量性を考慮して優先度を決定できた。

参考文献 1) 小林ら: "道路施設の震災復旧技術, 土技資, 28-12, pp22-28.

2) 若林ら:

関西支部 1987 IV-43

3) 伊理ら: 計算幾何学と地理情報処理 bit, 1986.9, pp149-151.

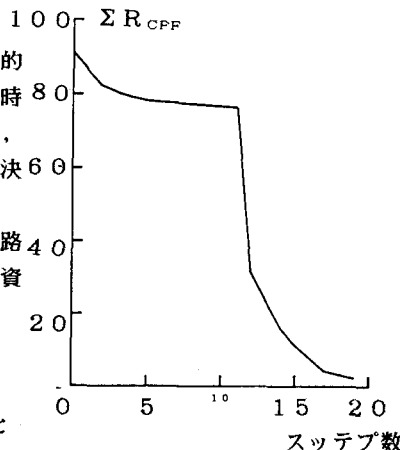


図 2 総等価復旧費用期間と各復旧ステップとの関係

表 1 復旧費用, 復旧期間データ
道路資産額および道路損害率,

リンク番号	道路資産額 (百万円)	道路損害率	復旧費用 (百万円)	復旧期間 (日)	等価費用期間
1	352.8	2.068	728.8	43.8	32.89
2	840.0	0.178	147.7	25.2	4.23
3	504.0	0.720	383.1	36.8	13.85
4	772.8	2.284	1765.0	44.5	79.15
5	84.0	0.000	0.0	0.0	1.26
6	420.0	2.288	980.8	44.5	43.71
7	100.8	0.000	0.0	0.0	1.24
8	738.2	1.524	1125.3	41.5	47.32
9	436.8	0.193	84.5	25.9	3.10
10	201.6	0.416	85.8	31.7	3.80
11	705.6	0.280	204.6	29.0	6.57
12	65.3	0.000	0.0	0.0	1.26
13	305.3	0.748	227.9	36.1	9.25
14	248.8	0.362	90.5	30.7	3.87
15	758.0	0.000	0.0	0.0	0.59
16	285.6	0.000	0.0	0.0	1.08
17	83.3	0.000	0.0	0.0	1.26
18	252.0	1.111	276.9	39.1	12.03
19	155.4	0.474	73.6	32.7	3.59
20	1344.0	0.930	1249.5	37.8	47.17
21	377.4	2.150	811.3	44.1	36.72
22	1008.0	1.830	1844.6	42.9	79.38
23	184.8	1.376	254.2	40.7	11.51
24	772.8	0.688	531.4	35.5	18.43
25	302.4	23.988	7254.0	62.2	452.43