

IV-66

道路交通システムの耐震性評価法

苫小牧工業高等専門学校 正員 梶谷有三
室蘭工業大学 正員 齊藤和夫

1. まえがき

著者らは、震災に伴って交通混雑・渋滞に遭遇する頻度の高いOD交通を数量的に、そして視覚的に把握するためにクラスター分析による耐震性評価を試みてきた。しかし、このクラスター分析による樹形図作成だけでは、震災に伴う各ゾーン間の移動困難性を視覚的に十分把握することができない。すなわち、震災に伴う道路交通システムの構造の空間的な配置に関する視覚化が必要となってくる。従来、震災に伴うシステムの構造を空間的に配置する方法としては、多次元尺度法あるいは数量化Ⅲ類などによる方法があるが、本研究においてはクラスター分析の過程で得られた結果を基に、各ゾーン間の相対的な座標値を求めて各ゾーン間を空間的に配置して視覚化する方法について考察する。

2. Spanning Treeの作成手法

本研究においては、既存道路網における各ゾーンの空間的な位置づけを損なうことなく、震災に伴う各ゾーン間の空間的な配置を行う。そのため、まずクラスター分析における樹形図作成の過程で得られる各クラスター同士の融合を基にSpanning Treeの作成を試みる。クラスター分析で求められる樹形図もひとつのSpanning Treeを形成しているが、この樹形図の場合は結合されるクラスター間(ゾーン間)に既存道路網のリンクが存在しているかどうかについては考慮していない。従って、作成されるSpanning Treeは必ずしも既存道路網を構成しているリンクのみから作成されていない。

いま、 n 個のゾーン(ノード)と m 本のリンクからなる道路網を対象に、既にある耐震性評価法を通してクラスター分析に必要な非類似度行列 D (D は($n \times n$)行列) が得られているものとする。また、既存道路網の隣接行列を L とする。ここで、行列 L の要素は、ゾーン間にリンクが存在すれば1、そうでないとき0を取る。そうすると、クラスター分析をもとに既存道路網のリンクのみから構成されるSpanning Treeの作成手法は以下となる。

- (1) 非類似度行列 D に対してクラスターを行う。 n 個のゾーンからなる道路網においては $(n-1)$ 回、クラスター同士の融合が逐次行われる。
- (2) クラスター同士の逐次融合する過程における、 i 回目のクラスター p_i, q_i にそれぞれ含まれているゾーンの集合を P_i, Q_i とする。
- (3) P_i, Q_i にそれぞれ含まれているゾーンの集合間同士において、行列 L の要素が1を取るもの、すなわちゾーン間が既存道路網のリンクで結合されているものを取り上げる。
- (4) 取り上げられたリンクのうちで、行列 D の値が一番大きい(あるいは小さい)リンクが当該クラスター間のゾーンを結合するものとする。すなわち、Spanning Treeを構成するものとする。
- (5) クラスター分析の過程で得られた $(n-1)$ 個のゾーン集合 P_i, Q_i に対してそれぞれ手順(3)、(4)を行う。
- (6) 手順(4)で取り上げられた $(n-1)$ 本のリンクによって n 個のゾーンを連結させるSpanning Treeを作成する。

3. 各ゾーンの座標値算定について

2. で作成されたSpanning Treeをもとに各ゾーンを縮約させる方法について考える。グラフ理論においては、縮約とは一般に隣り合うノードをひとつのノードに置き換えると考えられている。しかし、本研究ではSpanning Treeを構成する各リンクの両端のゾーン間の非類似度を表わす指標などに置き換えて、リンク長を伸縮させるとともに各ゾーンを当該ゾーンを結合させるリンクに沿って縮約させるものとする。このとき、リンク長の伸縮によって各ゾーンを縮約させると、各ゾーンの座標値も既存道路網上におけるものと異なったものとなってくる。そこで、震災に伴う各ゾーン間の空間的な位置すなわち各ゾーンの新たな座標値は、作成されたSpanning Tree及び各ゾーン間の非類似度を表わす指標を基に、以下のようにして求めることができる。

いま、ゾーン*i*の既存道路網上における座標値を(X_i, Y_i)、震災に伴う新たな座標値を(X'_i, Y'_i)とする。また、基準となるゾーンを*a*としたとき、ゾーン*a*から各ゾーン*i*までSpanning Tree上を順次通過するゾーンの集合を R_i とする。そうすると、新しい座標値はそれぞれ式(1)、(2)で求められる。そして、式(1)、(2)で求められた座標値を基に各ゾーンを空間的に配置すると、震災に伴う各ゾーンの移動困難性を視覚的に把握することができる。

$$X'_i = X_a + \sum_{n_j \in R_i} (X_{n_j+1} - X_{n_j}) \times d_{n_j, n_j+1} \quad \text{---(1)}$$

$$Y'_i = Y_a + \sum_{n_j \in R_i} (Y_{n_j+1} - Y_{n_j}) \times d_{n_j, n_j+1} \quad \text{---(2)}$$

ここで、 n_j, n_{j+1} ；集合 R_i に含まれている*j*番目及び*j+1*番目のゾーン番号
 $d_{n_j, n_{j+1}}$ ；ゾーン番号*n_j*と*n_{j+1}*間の非類似度を表わす指標値

4. 計算例

図-1に示す道路網（カッコ内の値は各ゾーンの座標値）を対象に耐震性評価法を試みる。ここでは、機能性能の評価要因として極限道路網容量を取り上げ、1000回のシミュレーションを行って表-1（左下半分）のクラスター分析に必要な非類似度行列（各OD交通が抑制対象となる確率）が既に得られているものとする。そして、2.で述べた手順を通して求めた10個のゾーンを連結させる、すなわちSpanning Treeを構成するリンクが図-1の太線のリンク

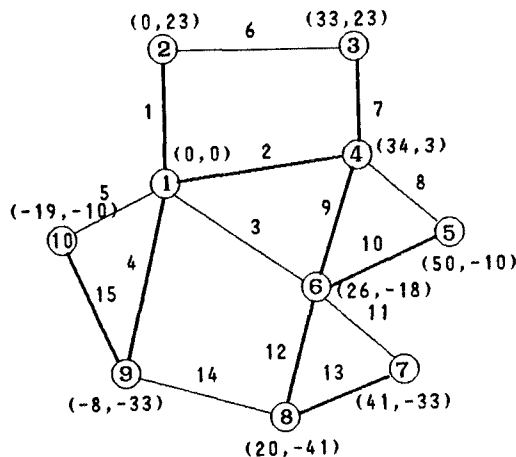


図-1 既存道路網

である。このSpanning Treeを構成するリンク及び表-1の非類似度を表わす指標を基に、各ゾーンの座標値を式(1)、(2)で算定して、各ゾーンを空間的に配置したものが図-2である。なお、各ゾーンの座標値はゾーン1を基準に求めたものである。この例では、非類似度を表わす指標がすべて0のときには各ゾーンがすべてゾーン1に縮約される。図-2で太線がSpanning Treeを構成するリンクであり、細線が他の既存道路網を構成するリンクである。図-2から容易に震災に伴う各OD交通の移動困難性が視覚的に把握できる。そして、この例では特にゾーン1、2、9、10と他のゾーン間のリンク（たとえばリンク2、3）などに対して何んらかの対策を施すべきことが窺える。今後はこれらの成果を踏まえて各リンクの復旧戦略のあり方についても考察を進めて行く。また、各リンクの縮約の方法あるいは他の耐震性評価要因を用いた場合についても考察を進める。

<参考文献>

梶谷・斉藤：道路交通システムの機能性能に関する耐震性評価法、交通工学、Vol. 24 No.3

表-1 各リンクの距離(Km)(右上半分)及び各OD交通が抑制対象となる確率($\times 10^{-3}$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		3	-	6	-	6	-	-	6	4
2	343		5	-	-	-	-	-	-	-
3	615	328		3	-	-	-	-	-	-
4	587	396	102		3	6	-	-	-	-
5	694	530	275	190		5	-	-	-	-
6	531	452	230	138	246		2	5	-	-
7	546	474	260	173	277	39		8	-	-
8	515	341	252	163	268	26	54		5	-
9	0	343	466	419	527	343	363	326		7
10	0	343	615	587	527	343	363	326	0	

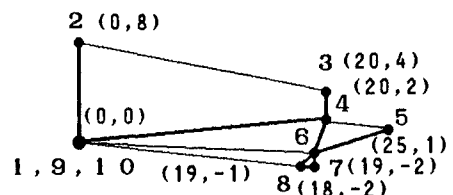


図-2 震災に伴うシステムの視覚化