

自己組織化マップとラフ集合を利用した健全橋梁の細分類に関する研究

金沢大学 正員 ○小川福嗣
 金沢大学 正員 近田康夫
 元金沢大学 非会員 土井俊

1. はじめに

健全と評価された橋梁群は多様な損傷パターンを有しており、将来深刻な損傷に進展する可能性のある要注意橋梁を抽出することは管理作業の合理化につながる。ここでは継続的に観察と判断された橋梁を対象として、部位点検データに諸元データを加えて作成した自己組織化特徴マップ¹⁾(SOM)にラフ集合²⁾を連携させ、抽出されたクラスターの内容分析を行い、損傷パターンの細分類を試みた。

2. 橋梁点検データ

分析データはI県土木部による橋梁点検台帳の橋梁診断調査総括表を用いる。分析対象は点検結果から継続的に観察と判定された、健全度4の橋梁211橋とする。各橋梁が持つデータは健全度評価時に使用する5つの部位健全度、および橋梁諸元から橋梁の重要度や損傷に影響を与えると考えられる6項目の計11項目(表-1)とした。

3. SOMとワード法による分類

SOMはニューラルネットワークの一種であり、パターン抽出手法として用いられる。入力層と出力競合層からなり、 n 次元のベクトル集団を学習することにより、2次元の出力競合層にあるノードにそれらのベクトル関係を写像できる。SOMの各ノードは1つのパターンを表し、学習に用いた橋梁はいずれかのノードに配置される。

SOM作成時、入力ベクトルの各変数は平均を0、標準偏差を1に正規化した。SOMで得られたマップの一例を図-1に示す。図-1(a)~(f)はデータの配置は同じで、各項目の分布を濃淡で表示している。淡いほど値が大きい(健全である)ことを示す。主桁健全度(図-1(a))は下側が高く、上側は低くなっている。一方、床版健全度(図-1(b))は反対に下側が高く、上側が低くなっており、これら部位健全度のトレードオフの関係が読み取れる。SOMでは、主桁健全度の高い橋梁であっても、その他の項目の値によって、主桁健全度が低い側に配置される橋梁もある。そのため、これ

表-1 橋梁データ

橋梁名	部位健全度					交 大 通 型 量 車	架 設 年 次	道 路 幅 員	道 路 種 別	交 通 量	橋 長
	主 桁	床 版	下 部 工	支 承	橋 面 工						
橋梁 1	5	4	5	5	3	1000	1980	6	1	2000	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

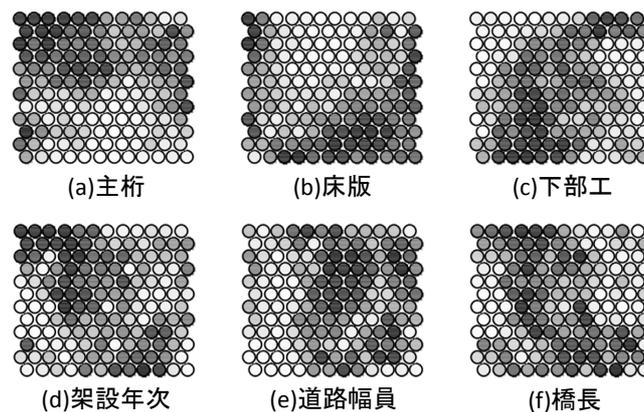


図-1 SOMの項目別分布

までの部位健全度のみを用いた分析からは得られない橋梁の損傷パターンを発見できる。

マップの解釈を容易にするために、より大きなグループに分類する。各ノードを階層クラスター分析手法のワード法を用い10のグループにクラスター化した(図-2)。

4. ラフ集合による特徴の把握

ラフ集合を援用することで各クラスターの特徴を抽出する。ラフ集合は近似と分類の概念を応用し、過不足のないIf-Thenルールによって集合を記述できる。多重共線性やサンプル数をカテゴリ数より大きくするなどの制限がなく、今回の分析において有効である。決定属性集合をクラスター、条件属性集合は各変数ごとに3分割し、大・中・小の離散値とした。

ラフ集合により生成されたルールから、ルールに該当する対象数の多い上位10個を表-2に示す。1行目は主桁健全度は特徴なく、大型車交通量が多く、架設年次が新しく、緊急輸送路の指定のない橋梁はクラスター2に該当し、ルールに該当する対象数は7、同一クラスターのルールに該当する対象数の割合は47%を表す。

Key Words: 自己組織化マップ ラフ集合 クラスター分析 健全度評価
 〒 920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学理工研究域 TEL:(076)234-4635

生成された多数のルールを総合的に評価するために決定ルール分析法によりコラムスコアを求めた(表-3)。コラムスコアはC.I.値が大きく、ルール条件部が小さいルールが高得点となる条件で各ルールの得点を合算したもので、値が大きいほどクラス決定に与える影響が大きいことを表す。

赤で着色されている属性値が一定の閾値を超えることを表す。橋梁健全度評価において重要な部位である主桁、床版、下部工を中心にコラムスコアを見ると、主桁健全度が低いクラスター7, 8, 9, 床版健全度が低いクラスター3, 4, 下部工健全度が低いクラスター2, 6, 10に分類でき、いずれかの部位健全度が低いことで、健全度4と評価される橋梁が多いと考えられる。

コラムスコア閾値を下げて考察を行う。新たに閾値を超える属性値を表-3に青色で表す。クラスター2, 8, 9は3つの部位の内2つの部位健全度が低く、主要部位が複合的に劣化している橋梁が多く存在すると考えられ、このクラスターに属する橋梁は要注意橋梁といえる。各クラスターの橋梁を具体的に見ると複数の部位健全度が低い橋梁が存在することを確認できた。次に諸元に注目する。クラスター2は橋長、道路幅員が大きく、交通量が多い橋梁が属しており、社会的重要度が高く、確実な予防保全の実行を行うべき橋梁群と考える。また、架設年次は1990年以降と比較的新しいが、下部工健全度の低い橋梁が多く、これら橋梁に対し何らかの調査や対策が必要と考えられる。クラスター1や7の橋梁は他と比べ明確な特徴を持ち、少数のノードでクラスターを形成している。クラスター1は交通量、クラスター7は橋長が他橋梁と比べ極端に大きい。環境条件が特殊な橋梁であり、損傷の有無にかかわらず個別に維持管理していきべき橋梁と考える。

5. おわりに

本研究では、点検結果から継続的に観察と判断された、健全度4の橋梁の詳細分類を試みた。既存点検データを用い作成したSOMとラフ集合の連携により、クラスタリングされた橋梁の特徴を抽出した。同一評価の橋梁群を分類でき、重点的に維持管理すべき橋梁を抽出できる可能性を示した。

参考文献

- 1) Tコホネン(著), 徳高平蔵, 大藪又茂, 堀尾恵一, 藤村喜久郎, 大北正昭(監修): 自己組織化マップ 改訂版, シュプリンガー・ジャパン, 2005
- 2) 森典彦, 田中英夫, 井上勝雄編, ラフ集合と感性, 海文堂出版, 2004

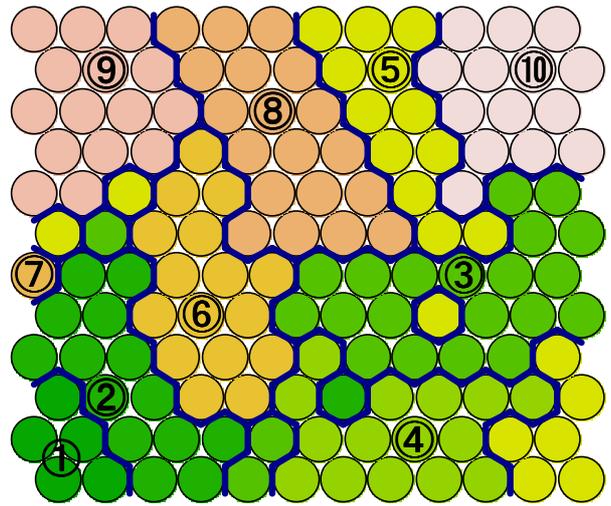


図-2 ウォード法によるクラスター化の結果

表-2 生成されたルールの一部

ルール				決定クラス	該当ノード数	C.I.値
2G	1HT	1Y	3E	cluster2	7	0.47
2S	1Y	1T	3E	cluster2	7	0.47
1T	1L	3E		cluster2	7	0.47
2G	1Y	1T	3E	cluster2	7	0.47
3G	1S	1SP	1E	cluster8	7	0.37
3G	1S	1SP	3HT	cluster8	7	0.37
3HT	1Y			cluster5	7	0.33
1G	3P	2HT		cluster3	7	0.30
2SS	1Y	1T	3E	cluster2	6	0.40
2S	1HT	1Y	3E	cluster2	6	0.40

G:主桁, S:床版, SS:下部工, SP:支承, P:橋面工, T:交通量, HT:大型車交通量, Y:架設年次, E:緊急輸送路の指定

表-3 コラムスコア

クラスタ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
主桁	健全度高い	1.34	3.49	3.47	4.91	0.89	0.95		0.43		1.13
	健全度低い	1.48	2.88	1.17	0.56	4.41	2.11		0.93	0.36	1.88
床版	健全度高い	1.45	0.99	0.45		2.41	2.85		4.81	1.31	0.75
	健全度低い	2.57	1.23	1.88	1.14	1.68	2.47	3.25	0.64	1.59	2.34
下部工	健全度高い	0.95	0.79	1.03	2.81	1.29		2.70	0.86	7.56	2.04
	健全度低い	3.08	1.80	1.97	2.05	2.71	0.65		2.21	0.40	0.22
支承	健全度高い	0.76	3.74	2.20	2.86	2.83	1.60		3.03	1.99	
	健全度低い	1.10	1.51	1.30	1.02	0.80	0.34		0.39	0.79	
橋面工	健全度高い	4.17	0.53	0.94	1.51	1.28	2.35	2.72	0.46	2.93	4.24
	健全度低い	5.31	1.58	0.29	2.91	2.91	2.74		0.23	1.28	2.10
大型車交通量	多い		4.40	0.47	2.61	2.14	2.17	3.42	1.14	3.73	1.45
	少ない			5.19	0.25	1.04	1.04		3.83	1.19	1.75
架設年次	新しい	3.75	3.88	1.60	1.23	0.17	1.83	3.17		2.15	1.13
	古い	0.40	1.38	1.74	0.99	3.42			0.78	3.80	1.52
道路幅員	広い		1.18	1.40	3.73				2.73		1.24
	狭い	3.46	4.59	1.37		3.56	0.25	1.75		1.25	2.16
交通量	多い	0.99		0.59	4.70	0.09	2.87		2.82	3.33	0.45
	少ない	4.91	4.86	0.80	0.80	1.87	1.76		0.41	4.41	0.33
橋長	大きい	0.89		2.28	2.60	1.55	2.30	3.82	0.17	2.52	3.58
	小さい			2.46	2.22	1.54	0.92		3.50		1.39
道路種別	重要度低い	4.37	5.02	0.87	0.74		1.89	3.30		3.47	1.23
	重要度高い			1.97	2.36	1.14	2.51		1.37	2.17	1.03
平均コラムスコア	1.71	3.26	2.40		2.75	0.24	2.07		0.95	3.00	
コラムスコアの閾値	2.31	1.06	1.61	1.63	2.05	2.07		2.36	3.91	1.23	
該当ノード数	1.38	1.17	1.17	2.86	0.65	2.79		2.24	1.37		
重要度低い			1.34	0.51	4.17				3.73	3.58	
重要度高い	4.91	0.28	2.53	2.07	1.20	0.94		0.72	4.56	1.75	
平均コラムスコア	1.70	1.81	1.60	1.76	1.81	1.71	1.12	1.47	2.11	1.54	
コラムスコアの閾値	2.55	2.72	2.40	2.64	2.71	2.57	1.68	2.21	3.17	2.31	
該当ノード数	4	19	30	25	34	24	1	33	22	19	