

I - A196

自己組織化マップによる橋梁損傷データの検証

金沢大学工学部 学生会員○辻岡 信也

同上 正 会 員 近田 康夫

同上 正 会 員 城戸 隆良

1. はじめに

橋梁の危険度を、橋梁の各部位の損傷度を元にして評価する際、その判断基準は専門家の経験に基づくものであり、これを明確に関数として表すことは、困難であると考えられる。この評価を、計算機を用いて行うエキスパートシステムの構築には様々な手法が用いられている。その一つに逆伝播修正法（バックプロパゲーション）によるニューラルネットワークがあるが、これには学習の際に用いる教師信号の信頼性の問題が常につきまとう。

本研究では、教師無し学習の行うことのできるニューラルネットワークの一つである、自己組織化マップ（Self Organizing Maps）を用いて先の研究で教師信号値としたI県土木部の橋梁点検台帳の評価値が統一性のある判断基準の元で作成されたものであるかの検証を行った。

表 1 基本部材損傷度

部材損傷度	状態
1	損傷無し
2	正常な範囲内の変状。または局部的に美観を損なう程度の損傷。
3	当面放置しても問題はないが、観察が必要。耐久性を増大させるためには、補修・補強をした方がよい。
4	できるだけ早期に対策を講じた方がよい。
5	放置すると近い将来危険な状態になることが予想されるので、直ちに対策を講ずる必要がある。

表 2 橋梁点検台帳（鉄筋コンクリート橋）の一部

橋梁名	橋梁のラベル	橋面舗装	地覆舗装	床組版	主構	支承	伸縮装置	排水装置	河床洗掘	組体変動	構造物	耐震構造	総合評価
越前	a	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	3
勸便大	b	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	3
中央大	c	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	4
源平	d	3	3	1	1	2	3	3	1	2	2	2	2
白江大	e	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2

基本部材損傷度は5段階で評価し、その区分は表1の通りである。橋梁の点検台帳においては、以下のように橋梁の各部位の損傷度及び橋梁の危険度の総合評価値が与えられている。表2は入力データに使った橋梁点検台帳のデータである。入力データとして使用する橋梁の数は131橋である。一番目の橋梁から順番にアルファベットの記号を付けている。この記号はマッピングの際、ラベルとして用いている。

2. 自己組織化マップについて

自己組織化マップ（以下、SOM と表記）とは、複数のデータのクラスタ化を行う手法の一つである。入力データが多次元であっても、非線形写像として2次元平面上に表現することができる。また、ロバスト性が高く、入力データの中に多少の欠損した項目があっても、問題なくクラスタリングが可能である。ただし、本研究ではできるだけノイズが入らないように、欠損項目を持った橋梁のデータは除外した。

SOM においてもっとも基本的なことは、SOM は入力データ空間 $\mathcal{R}^n$ からノードの2次元配列上へのマップ化を定義することである。パラメータとしての参照ベクトル $m_i = [\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}]^T$ は全てノード i と結び付けられている。

$x \in \mathcal{R}^n$ を確率データベクトルとする。このとき SOM は、高次元入力データベクトル x の確率密度関数 $p(x)$ の2次元表示上への非線形射影であるということが出来る。ベクトル x はある測度において、すべての m_i と比較される。多くの実際の応用ではユークリッド距離 $\|x - m_i\|$ を最小にするノードが最適ノードと定義され、添え字 c によって表される。

$$c = \arg \min_i \{\|x - m_i\|\}$$

本研究においても、ユークリッド距離を測度として採用している。

学習中または非線形射影が形成される過程の間、その配列内で地理的に近く、ある幾何学的距離内にある複数のノードは、同じ入力 x から何かを学習するようお互いを活性化させる。このことは隣接したニューロンの重みベクトル上に、局所的な緩和または平滑効果を生む。そして、連続して学習することで大局的な順序づけへと導く。 $m_i(0)$ の初期値は任意になりうるとして、乱数を使い、以下での学習過程の最終的な収束の極限を考えた。

Keyword: ニューラルネットワーク, 橋梁点検, エキスパートシステム, 自己組織化マップ

連絡先 (〒920 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部 TEL: (0762)34-4634 FAX: (0762)34-4644)

$$m_i(t+1) = m_i(t) + h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)]$$

ここで、 $t = 0, 1, 2, \dots$ は整数すなわち離散時間座標である。緩和過程では、関数 $h_{ci}(t)$ は非常に中心的な役割をする。すなわち、近傍関数と呼ばれる格子点上に定義される平滑カーネルとして振る舞う。収束するために $t \rightarrow \infty$ のとき $h_{ci}(t) \rightarrow 0$ であることが必要である。近傍カーネルをガウス関数で表現すると

$$h_{ci} = \alpha(t) \cdot \exp\left(-\frac{\|r_c - r_i\|^2}{2\sigma^2(t)}\right)$$

ここで、 $\alpha(t)$ は別のスカラー値、学習率係数である。 $\alpha(t)$ と $\sigma(t)$ は時間の単調減少関数である。 $\alpha(t)$ の初期値は 0.02 とした。

また、マップは 12×12 の格子とし、トポロジタイプは六角形格子で、ユニットの位置は離散関数で表される。学習回数は 10000 回に設定した。

3. マップの結果

図1,2のとおり、同じような総合評価値が比較的近くにマップされている。このマップ上で、マクロな視点でのマップされた位置はあまり意味をなさない。重要なことは類似した入力データは、つまり似たような損傷状態の橋梁が同じような位置にマップされているという事である。

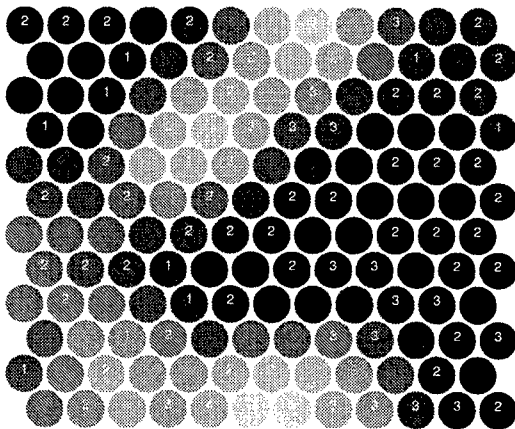


図1 総合評価値でラベル付け

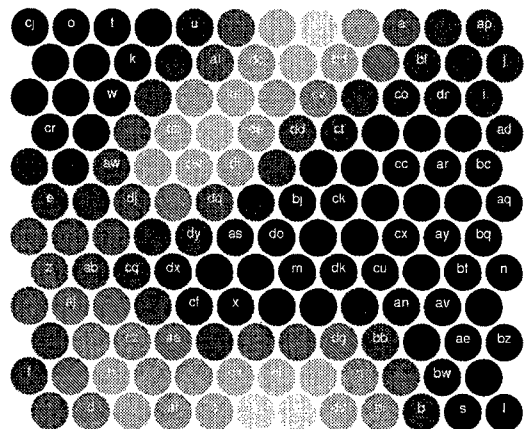


図2 橋梁の記号でラベル付け

図1のマップは橋梁の総合評価値をラベルとしてマッピングしたもの、図2のマップは橋梁に判別用の記号を付け、それをラベルとしてマッピングしたものである。両マップ上の位置は互いに対応したものとなっている。また、ユニットの濃淡はクラスタ間距離を表したものであり、グラデーションの落差が大きいところほど隣同士のユニットであっても、その類似度により距離があると判断できる。総合評価値が同じ“2”であっても、その損傷状況の違いにより、別の位置にマップされている。実際に隣同士にマッピングされたデータと、同じ評価値でも離れたところにマッピングされたものの元データを比較すると、損傷状況に違いがあることがわかる。そして“3”のすぐ横にある“1”と評価された橋梁の総合評価は、やや疑わしいものと判断できる。

4. 結論

以上のように、SOM を用いることによって、橋梁点検データにおける総合評価の判断基準に統一性があるか否かを検証する一つの材料を得ることができた。各位置にマップされたデータの内容をさらに検証することによってその位置にマップされる橋梁の損傷種別を視覚的に確認できるので、新たに評価したい橋梁のデータをマップする事によって、視覚的な損傷度判定システムとして応用することが期待できる。

【参考文献】

- 1) T. コホネン：自己組織化マップ、シュプリンガーフェアラーク東京、1996.
- 2) T. コホネン：Som package, 1996.