

## I-6 ニューロプログラムの開発と道路橋地震被害予測への応用

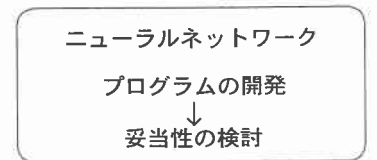
徳島大学大学院 学生員 ○ 永野 優子 日本構研情報(株) 正 員 古川 幸信  
徳島大学工学部 正 員 澤田 勉 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔

### 1. はじめに

道路橋は都市の震後復旧および復興においても極めて重要な構造物である。従って、地震による道路橋の損傷度などをあらかじめ推定することができれば、都市の震災対策計画を策定する上で大変有用であると思われる。この種の推定を行うには、人間の脳のメカニズムのように柔軟な機能を持つ情報処理技術であるニューラルネットワークを用いるのが最良であると考えられる。本研究では、ニューロプログラムの開発を行い、構築したネットワーク構造を用いて道路橋の地震被害予測システムの構築を試みた。

### 2. 本研究の概要

本研究の概要を図-1 に示す。まず、階層型ニューラルネットワークのプログラムを開発し、ついで、本研究で開発したプログラムの妥当性を検討した。最後に、本ネットワークを用いて、道路橋の地震被害予測システムの構築を行った。



道路橋の地震被害予測への適用

### 3. プログラムの妥当性の検討

開発したニューロプログラムの実用性を知るために、いくつかの簡単な例題により、市販されているニューロソフト(富士通(株)社製の *NEUROSIM™/L*)との精度比較を行なった。学習データをニューラルネットワークに学習させ、学習データおよび未学習データの予測を行った。ネットワークの構造としては、入力層 1 (2 ユニット)、中間層 2 (8×8 ユニット)、出力層 1 (2 ユニット)の計 4 層から成る階層型ネットワーク構造を採用した。ここに、その中の代表的な例を 1 つ示す。

図-1 本研究の概要

[検証例] この例は、入力値  $X_1, X_2, X_3$  とするとき、 $X_1 > X_3$  かつ  $X_2 > X_3$  ならば  $Y_1 = 1, Y_2 = 0$  を出力し、 $X_2 > X_1$  かつ  $X_3 > X_1$  ならば  $Y_1 = 0, Y_2 = 1$  を出力するネットワークである。なお、学習データ数は 12 個である。

以下に、両手法による予測結果について述べる。本研究で開発したニューラルネットワークによる予測では、二乗誤差が  $4.81E-09$ 、学習回数 1131 回であった。また、市販のニューロのそれらは、二乗誤差が  $3.00E-05$ 、学習回数 3470 回であった。二乗誤差は、開発したニューラルネットワークの方が小さくなり、本例題における妥当性はあると判断した。その他の検証例においても同様の結果が得られ、本研究で開発したニューロプログラムによる計算精度は、市販のそれより優れていることがわかった。

### 4. 道路橋の地震被害予測システムの構築への適用

3. で得られた結果より、本研究で開発したニューラルネットワークは実用に耐えうると判断し、その適用例として既存橋梁の地震被害予測システムの構築を試みた。地震被害予測システムでは、道路橋の適用示方書、スパン、幅員、橋脚形式、橋軸方向、マグニチュード、地盤種別および断層距離から道路橋の被害程度を示す損傷度を予測するという方法をとる。本研究では、ニューラルネットワークの学習データとして、各パラメータを図-2 に示すネットワークに入力し、それに対応する損傷度を出力するような階層型ネットワークを構築した。なお、学習データは、我が国で過去に発生した 12 個の地震による道路橋被害報告書を調査し、被害橋梁 358 件中、比較的データが揃っている 242 件の事例を基に作成した。

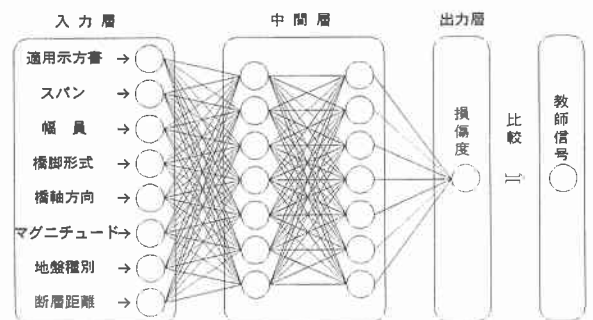


図-2 予測システムの構造

## 5. 精度の検証

精度の検証では、まず、学習に用いた入力データに対する予測値を算出した。ついで、構築したネットワークの精度を確認するために、ネットワークに用いた教師データと予測値を比較した。図-3 に教師データと予測値の関係を示す。なお、この場合の二乗誤差は  $4.801E-01$ 、学習回数 671 回である。この図からも分かる様に、本予測システムには次の様な問題点がある。すなわち、本予測システムでは、損傷度を予測する際、損傷度が 1 の時過大に評価し、損傷度が 5 の時過小に評価するという偏り誤差が生じる。

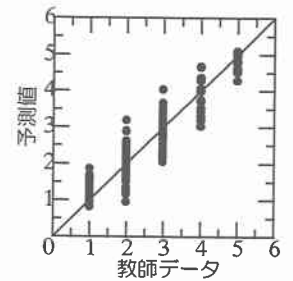
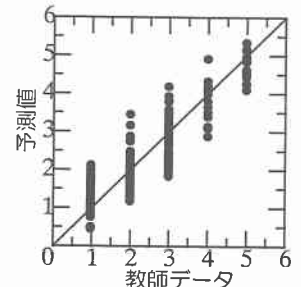
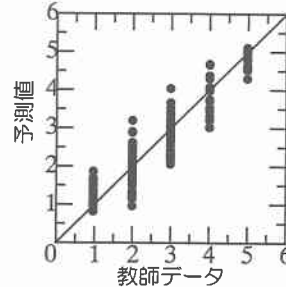


図-3 精度の検証

## 6. 問題点の解決法

本予測システムを用いて出力される損傷度の精度は、システム構築の際に設定した初期値によって変わる。そこで、初期値をいくつか変更してシステムの偏り誤差を検討した。以下では、その中の 1 つの検討結果を示す。図-4(a), (b) は、ネットワークの



結合係数およびオフセットに関する乱数の初期値を

図-4(a)乱数の初期値 423 図-4(b)乱数の初期値 721

変更したときの教師データと予測値の関係を示す。図-4 より、結合係数  $w$  およびオフセット  $\theta$  の初期値設定に用いる乱数は予測値の偏り誤差に若干影響を及ぼすことがわかる。ここでの解析に限定すれば、乱数の初期値として 721 を用いたときが予測値の偏り誤差が小さいことが分かる。検討結果から、変更した初期値の中で最も適当と考えられる値を既存道路橋の地震被害予測システムに用いる。

## 7. 検討結果

構築したネットワークの精度を確認するために、ネットワークに用いた教師データと出力データの間係数を検討した。図-5 に教師データと予測値の関係を示す。この予測システムでは、二乗誤差が  $7.720E-01$ 、学習回数 621 回であった。6. で述べたような、損傷度が 1 の時過大評価する傾向、また、損傷度が 5 の時過小に評価する傾向があるという問題点は、若干改善された。

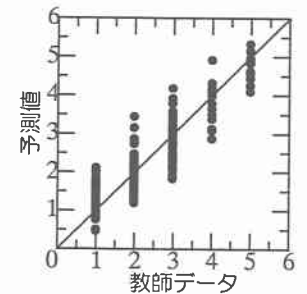


図-5 検討結果

本研究で開発したニューロプログラムを実際の問題に用いてもよいという結果が得られ、本研究で構築した道路橋の地震被害予測システムは、ある程度の信頼性と精度をもつことがわかった。今後の課題は、損傷度の偏り誤差を改善するために、再びニューラルネットワーク内の初期値変更を試み、損傷度の上限值と下限値をうまく予測できなかった原因を発見するためにプログラムの改良を行い、予測システムの向上を目指したい。

## 参考文献

- 1)宮城県土木部道路建設課：1978年6月宮城県沖地震による橋梁震害調査報告書，1978.10.
- 2)阪神・淡路大震災調査報告集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 土木建造物の被害-橋梁-，1996.12.
- 3)日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），日本道路協会編集，1988.2.
- 4)菊池豊彦：入門ニューロコンピュータ，オーム社，1990.