

# I-656 ニューラルネットワークを用いたライフライン網の被害箇所 の推定

清水建設(株) 大崎研究室 正員 奥村 俊彦

## 1. はじめに

地震時の都市災害を軽減する上で、ライフライン施設の早期復旧は必要不可欠であり、このためにはまず被害箇所とそこでの被害程度を把握する必要がある。ところが、ライフライン施設には管路や地中線などのように埋設されているものが多く、被害箇所の発見・特定は容易ではない。このため、ライフライン事業者の中には、被害分布の推定のために強震計を設置したり、キャリアの流れなどを観測するモニタリングにより被害の早期把握を試みているところもある<sup>1)</sup>。本研究は、被災したライフライン網でのモニタリングの情報をもとに被害箇所を推定する問題に対してニューラルネットワークの適用を試みたものである。

## 2. ニューラルネットワークを用いた被害箇所の推定モデル

近年、ニューラルネットワークの工学問題への適用が数多く試みられている。ライフライン地震工学の分野では、野田ら<sup>2)</sup>や新納ら<sup>3)</sup>により地震被害の推定や復旧戦略の策定に用いられた例がある。

本研究では、図-1に示すような3層からなる階層型のニューラルネットワークを用いることにより、ライフライン網の供給ノードと各ノード(モニタリング地点や需要家など)との接続性の情報をもとに、どのリンクが破壊しているかを推定する。図-1において、入力層の各ユニットはノードに対応しており、それぞれのノードにおいて供給ノードとの接続性が保たれている場合に‘0’、そうでない場合には‘1’が入力される。また、出力層の各ユニットはリンクに対応しており、‘0’が被害の無い状態、‘1’が破壊している状態に対応しているものとする。すなわち、このニューラルネットワークで行われる操作は「ノードの被害パターン」から「リンクの被害パターン」への変換にほかならない。さて、入力層で与えられた各ノードの接続性の情報は、中間層を経て出力層でリンクの状態として出力されるが、この出力が適切なものとなるように各ユニット間の結合の強さを決める必要がある。ここでは、ノードとリンクの被害パターンの組をいくつか作成し、これらを学習データとして誤差逆伝播学習法により学習させる。なお、ニューラルネットワークに関する詳細については、文献<sup>例え4)</sup>を参照していただきたい。

## 3. 適用例

図-2に示すリンク数29、ノード数30のツリー型のネットワークを対象に、被害箇所の推定を試みた。ニューラルネットワークを構成する入力・中間・出力の各層におけるユニット数は、それぞれ30, 29, 29とし

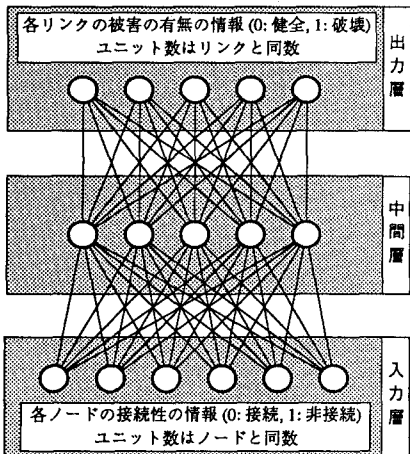


図-1 ニューラルネットワークを用いた被害箇所の推定モデル

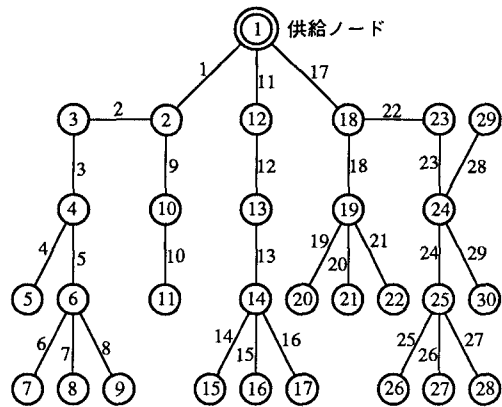


図-2 解析の対象とした管路

た。また、学習用のデータは、乱数により生成されたリンクの破壊パターンとそれに対応するノードの被害パターンとのペアを5000組作成して用いた。ちなみに、このネットワークにおけるリンクの破壊パターンの総数は約5億である。なお、乱数の発生に際しては、5~8の4本のリンクと13,14の2本のリンクにそれぞれ強い相関性(相関係数0.9)を持たせ、他は全て独立とした。相関性を持たせたのは、液状化等により近接するリンクが同時に破壊する可能性が高いような場合を想定したものである。

このようにして作成したデータを用いてニューラルネットワークに70回の学習をさせた後に、図-3に示したノードの被害パターンを与えて破壊リンクを推定した結果を示したものが図-4である。推定結果は0~1の数値で表されており、この値の大きさがそのままリンクの破損の可能性の高さを表しているものと解釈できる。図-3から明らかなように、この被害パターンに対しては5,13,24の3本のリンクの破壊は必要条件であり、推定結果においてもこれら3本のリンクに対する値はいずれも非常に高い。一方、さらに末端側にある9本のリンクの状態は与えられた被害パターンからは一義的には決まらないが、学習データに相関性を持たせた左側の枝部ではリンク6,7,8の値がいずれも高く、これらがリンク5と同時に破壊している可能性が高いことを示している。同様に、中央の枝部においても破壊箇所の相関性が考慮された推定結果となっている。このように、1対1の対応関係にないパターン変換についても、適切なデータを用いて学習させることにより、工学的に有用な出力が得られることが明らかとなった。なお、図-3の被害パターンは5000個の学習データの中に含まれていたものであるが、調べた範囲内では、学習データに含まれていないパターンを提示した場合にも良好な推定結果が得られている。

#### 4. おわりに

被害パターンを学習させたニューラルネットワークを用いて、被災したライフライン網のノードにおける接続性の情報をもとに被害の発生箇所の特定を試みたところ、非常に良好な推定結果を得た。このことから、モニタリング施設をライフライン網に適切に配置することにより、そこから得られる情報に基づいた被害箇所の推定が可能であることが示された。

#### 参考文献

- 1) 土木学会関西支部:より安全な都市を目指して—ライフライン系の地震防災から—,平成3年度講習会テキスト,1991.11.
- 2) 野田 茂・難波 訓:ニューラルネットワークを用いた地震時被害推定システムに関する基礎的考察,JCOSSAR'91論文集,B-09,pp.559-562,1991.11.
- 3) 新納 格・堀田 浩・栗林 栄一:地震被害危険度評価及び震災復旧手順決定へのニューラルネットワークモデルの適用,JCOSSAR'91論文集,B-10,pp.563-566,1991.11.
- 4) 麻生 英樹:ニューラルネットワーク情報処理,産業図書,1989.5.

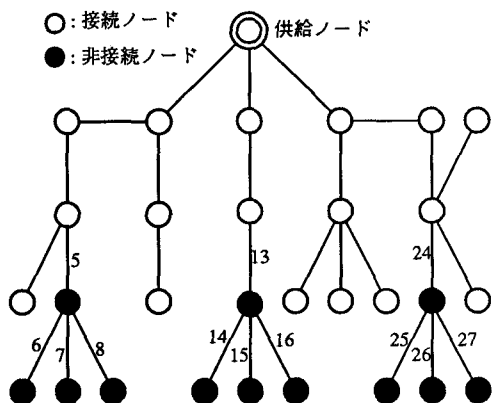


図-3 提示した被害パターン

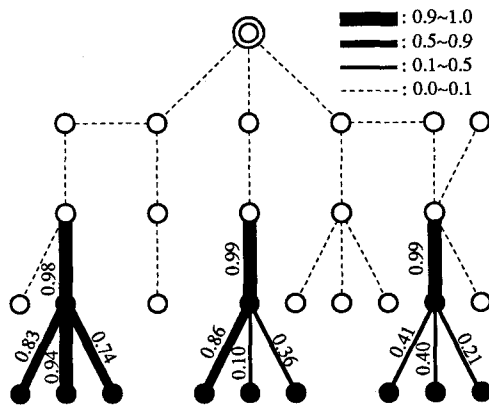


図-4 図-3の被害パターンに対する被害箇所の推定結果