

I - B30

非線形履歴に対する汎用ニューラルネットワークの構築

九州大学大学院 正会員 松田 泰治 九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲
九州大学大学院 正会員 矢葺 亘 九州大学 学生員 鶴田 真紀

1. 目的

ニューラルネットワークにより構造物の非線形履歴挙動のモデリングを行い、これを動的応答解析に利用した場合、従来の数学モデルと同等の表現能力を有する可能性が知られており、現在までに様々な履歴曲線のモデリングが行われている。しかし、ネットワーク構造を決定する入出力層は、履歴モデルごとに研究者が設定しており、汎用性の高いものは存在していない。本研究では、Ramberg-Osgood モデル、高減衰積層ゴムモデル、武田モデル、3つの履歴曲線を対象とし、複数の履歴モデルの認識に対応可能なニューラルネットワークの提案を行い、さらに構築したネットワークの動的応答解析への適用性について検討した。

2. ニューラルネットワークの概略

ニューラルネットワークとは人間の脳神経細胞網を工学的に模擬するもので、学習能力と自己組織化能力を有する情報処理システムである。人間の神経細胞（ニューロン）を図-1に示すようにモデル化し（これをユニットと呼ぶ）、このユニットを複数結合させることによりネットワークを構成する。ユニットは前層からの重み付け入力 x を計算し、入出力関数 f を介して出力する。本研究では、入出力関数として図-2に示すシグモイド関数を用いた。また、種々の入力データの組に対して、ネットワークから出力される出力値と正解値との差が最小となるようにユニット間の結合係数 W を修正する過程が学習と呼ばれる。

3. ニューラルネットワークの構築

入力層は既往研究を参考に、最大経験変位・荷重、最小経験変位・荷重、最新折り返し点の変位・荷重、1ステップ前の変位・荷重・剛性、1ステップ前の変位増分・荷重増分及び現在の変位の12項目を選択し、現在の接線剛性を出力するネットワーク構造とした（図-3）。

4. ニューラルネットワークの学習

履歴復元力特性がそれぞれR-Oモデル、高減衰積層ゴムモデル、武田モデルに従う1質点系モデルに、強制変位として漸増漸減正弦波を作用させた場合の応答履歴から学習データを作成し、これを用いてニューラルネットワークの学習を行った。学習回数は10000回とし、中間層のユニット数は10～14で変化させ、試行錯誤的に

二乗誤差が最小となるユニット数14を採用した。学習後のネットワークから出力された接線剛性と教師データの比較を図-4に示す。R-Oモデルでは、比較的精度良く学習が行われているが、高減衰積層ゴムモデルや武田モデルのように多折れ線型の履歴で、剛性の変化点における認識精度が低い。

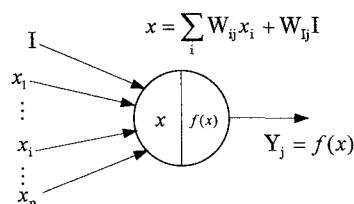


図-1 ニューロンモデル

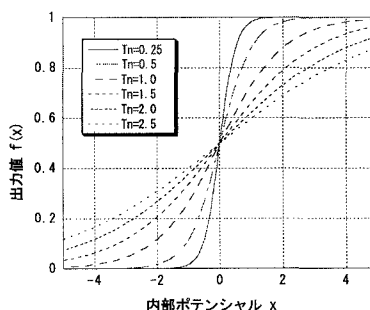
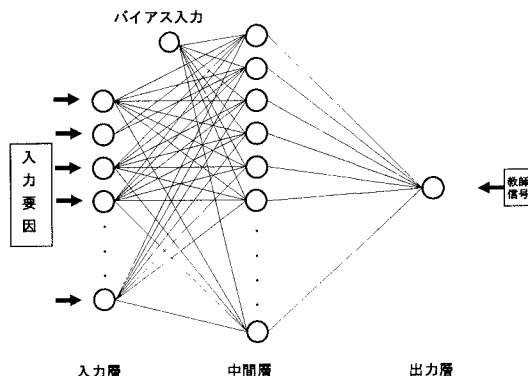


図-2 シグモイド関数



キーワード：ニューラルネットワーク、学習、履歴復元力特性

連絡先：〒812-0053 福岡市東区箱崎6-10-1 電話：(092)642-3267 FAX：(092)642-3306

5. 動的応答解析への適用

学習を経たニューラルネットワークの地震応答解析の数値演算サブルーチンへの適用について検討を行った。1質点系モデルに振幅調整を行った JMAKOBEN-S を5秒間作用させた場合のニューラルネットワークによる推定結果と数学モデルによる解析結果の時刻歴比較を図-5, 6に示す。R-0モデルの場合は、変位、復元力とも時刻歴はほぼ一致している。高減衰積層ゴムモデルでは、時刻歴挙動としては最大値がほぼ再現できているが、部分的には誤差が大きくなっている。武田モデルにおいては、挙動が複雑であるため学習の段階において、他の2つの履歴モデルよりも二乗誤差の収束状況が悪かった。また、学習に用いた履歴曲線は、振幅が1サイクル

ごとに変化する漸増漸減正弦波変位入力により得たものである。このような正負対称かつ規則的な波に対する学習だけでは、挙動が複雑な武田モデルの地震時の応答を再現できずに、誤差が大きくなったものと考えられる。

6. まとめ

Ramberg-Osgoodモデル、高減衰積層ゴムモデル、武田モデル3つの復元力特性を対象に、汎用性の高いニューラルネットワーク構造を提案し、規則的なパターンの変位-復元力関係を用いて学習を行った。学習後のネットワークは非線形解析の数値演算サブルーチンとして適用可能であることを確認した。今後はさらに入力層の選定や学習データの与え方を検討する必要がある。

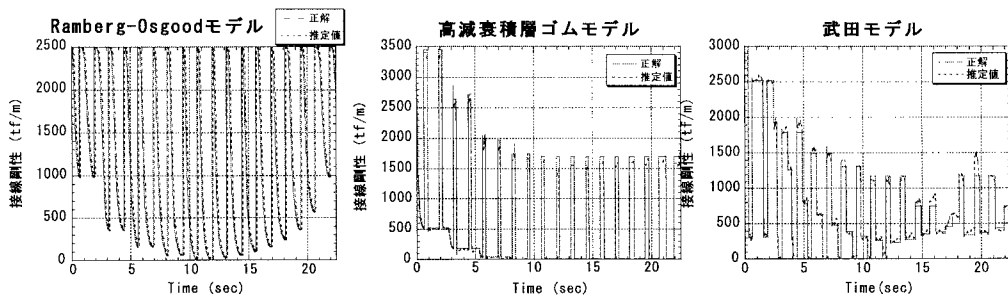


図-4 学習結果

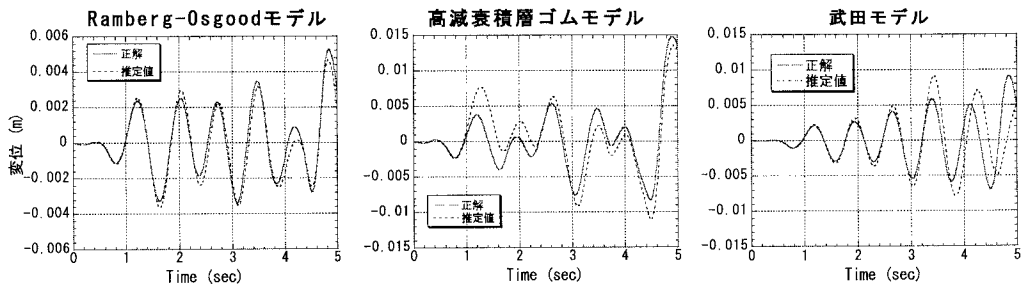


図-5 変位時刻歴比較

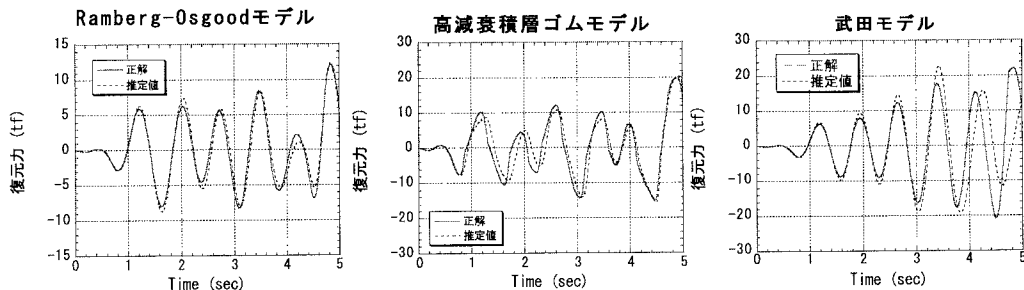


図-6 復元力時刻歴比較