

ニューラルネットワークの履歴モデルへの適用に関する基礎的研究

九州大学 学生員 ○桃山 義規
九州大学 正 員 松田 泰治

1. 概説

ニューラルネットワークは、人工知能研究の一分野で開発されたもので、人間の脳神経細胞の情報処理メカニズムを模倣したものである。つまり、対象とする学習パターンに対して十分な学習を行うことによって、この神経回路がやがて、すべての入力パターンに対して望ましい出力値を出力するようになるものである。ニューラルネットワークは近年画像パターンの認識や非線形関係の近似手法として注目を集めており、この手法を用いれば、簡易で精度の高いモデリングが可能になると考えられている。

現在ニューラルネットワークの学習アルゴリズムとして拡張カルマンフィルターを利用したもの¹⁾等いくつか提案されているが、本研究では、最も一般的な誤差逆伝播法(Back Propagation: 以下BP法)を用いたニューラルネットワークを大地震時に構造物に現れる荷重-変位関係の履歴挙動のモデリングに対して適用し、これにより、1質点系の動的応答解析を行い、その有効性を検証する。

2. 解析方法

本研究においては、1質点系のバネのみが非線形である時を対象としている。教師データとして用いた履歴モデルはRamberg Osgood型モデルを採用した(図-1)。

本研究では、図-2に示すように3層構造のニューラルネットワークを用い入力層は、最大経験変位点座標値(X_{max}, P_{max})、最新の変位折返し点座標値(X_0, P_0)、現時点での変位(X_n)の5ユニットとし、出力層は次ステップの変位 X_{n+1} を求めるためのバネ定数 K (X_n における接線剛性)の1ユニットとした²⁾。中間層のユニット数の決定は簡単なパラメータスタディを行い5ユニットに決定した。教師データは、設定した数学モデルを用いて作成した。なお、学習に用いる入力信号、及び、教師信号は正負の最大値を用いて[0,1]に正規化を行った。

このネットワークを用いBP法によりSin波外力に対するRamberg Osgood型モデルの応答を教師データとして十分な学習を行って、最終的に同定された結合荷重を用いて動的応答解析を行った。つまり、従来複雑な計算となるバネ定数の計算のみをニューラルネットワークに頼り、算出されたバネ定数を用い、線形加速度法により動的応答解析を行うものである。

なお、本研究において、結合荷重の調整量はWassermanの提案した(1)式³⁾を採用した。

$$\Delta W(n+1) = \beta \cdot \Delta W(n) + (1 - \beta) \cdot \delta \cdot O \quad (1)$$

ここに ΔW : 結合荷重の調整量

β : 平滑化係数

δ : 学習信号

O : ニューロンからの出力値

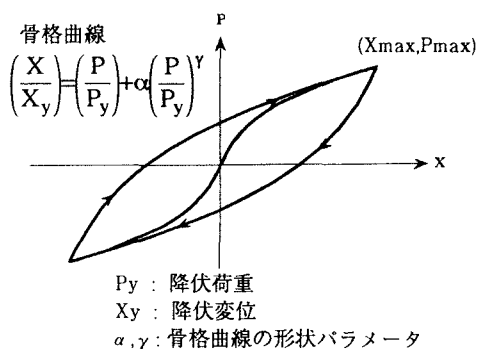


図-1 Ramberg Osgood型モデル

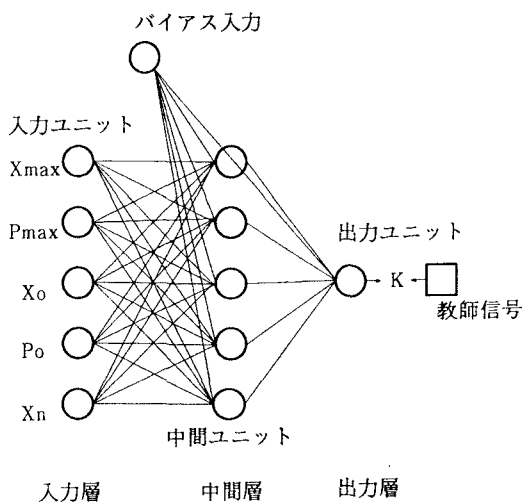


図-2 ニューラルネットワーク

3. 解析結果

強制外力として周期が5Hzで最大加速度200galのSin波が、1質点系に作用したときの応答を数学モデルで解析したものが図-3である。なお計算に必要な降伏変位は1cm、降伏荷重は1000kgf、初期剛性は1000kgf/cmとし、質点の質量は系の固有周期が5Hz

になるように、また粘性減衰係数は減衰定数が1%となるように設定した。これに対し、ニューラルネットワークにより再現された解析結果が図-4である。再現された相対変位の時刻歴、復元力の時刻歴、履歴曲線は、全体としてはほぼ一致したが、解析の後半部では誤差が大きくなる傾向がある。これは蓄積誤差によるものと考えられ、学習回数を増すかまたは、学習の際の入力ユニットへ代入するデータの対策などにより回避できるものと考えられる。

4. 結論

本研究はニューラルネットワークを用いた履歴挙動を数学的に定式化することなく再現しようとしたものである。数学モデルを用いた解析結果とニューラルネットワークを用いた推定結果では、ほぼ同等の表現能力を持つことがわかった。今後は、実際に定式化が難しい履歴挙動に対して、ニューラルネットワークを適用し、その有効性を検討する予定である。

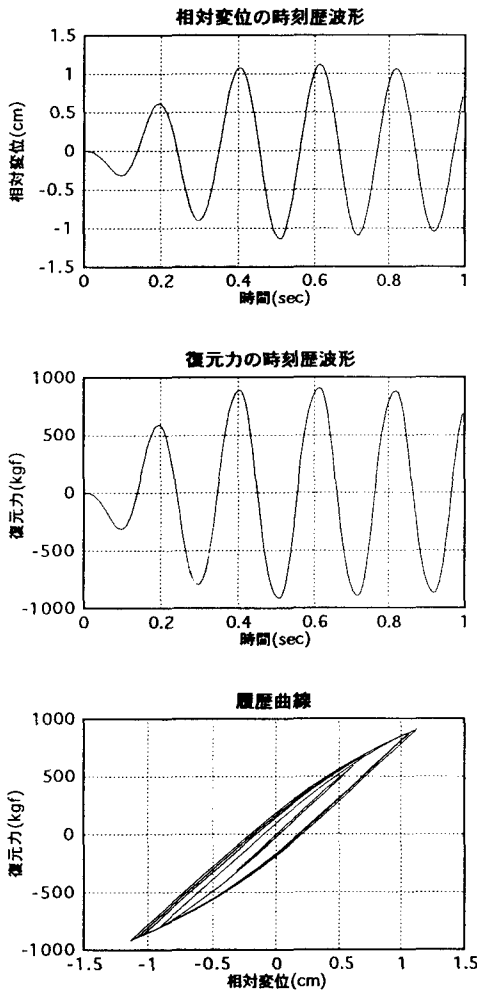


図-3 数学モデルを用いた動的応答解析結果

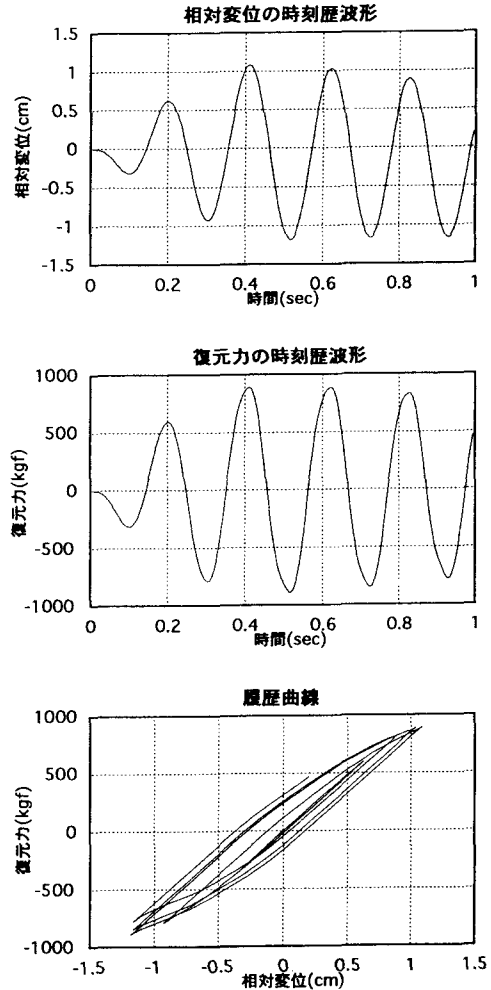


図-4 学習後のニューラルネットワークを用いた動的応答解析結果

参考文献

- 1) 山本広祐 : ニューラルネットワークを用いた非線形構造解析手法の検討(その1) 構造物の履歴挙動のモデリングと動的応答解析への応用, 電力中央研究所報告, 平成3年12月
- 2) 佐藤誠 他 : 自己学習アルゴリズムによる構造物の非線形地震応答シミュレーション, 土木学会第39回年次学術講演会, pp1538~1539, 1994
- 3) Philip D. Wasserman : Theory and Practice Vannostrand Reinhold, Neural Computing, pp50~54, 1989