

ニューラルネットワークによる非線形履歴の推定手法に関する研究

—入力データの基準化範囲の変化が推定に与える影響

○正会員 楊 元植^{*1)} 同 中埜良昭^{*2)}

1.序論

サブストラクチャ・オンライン地震応答実験(以下、SOT(Substructure On-line Computer Testing))へのニューラルネットワークによる履歴推定手法の適用可能性を議論する際、その推定に関する精度及びこれに要する学習時間が大きなポイントとなる。一般にニューラルネットワークの構築においては学習データをある値の範囲で基準化するが本研究ではその手法が推定精度及び学習時間に与える影響について、2層鉄骨柱を用いたオンライン実験結果を学習データとして比較・検討した。

2.1 入力層および出力層の設定

ニューラルネットワークを構築する際、出力層は推定したい物理量として容易に設定できるが、入力層への構成要素は、推定量に対して重要かつ不可欠なものを選択する必要がある。ここで、入力層の構成要素は、前報¹⁾と同様に①最大経験変位、②最大経験荷重、③最新折り返し点変位、④最新折り返し点荷重、⑤現在変位²⁾の5ユニットとし、中間層は10ユニットにした。また、出力層は復元力を設定した。

2.2 学習方法および基準化のパラメータ

本検討に先立つ鉄骨柱による2層オンライン実験結果を学習データとした。学習及び履歴の推定は以下の通りである。

- (a) まず、1階の実験結果に基づき、ニューラルネットワーク(以下 NN と略記)を構築する。(NN の学習)
- (b) 次に、(a)の NN を用いて2階の復元力を推定する。(NN による推定)

NN の構築においては各学習データ(前節①～⑤)の基準化として以下の3種類を選定した。すなわち、

- (1) [0.0-1.0]0を必ず含む範囲に設定
- (2) [-0.5-0.5]0を含む可能性のある範囲に設定
- (3) [0.1-0.9]0を含まない範囲に設定

なお、出力層も入力層と同様の基準化を行なった。

3.学習および推定結果

NN の学習は結合係数の初期値によって収束限界が異なるので、初期結合係数を乱数を用いて20組設定しそれぞれに対して100回ずつ学習させた。

3.1 最大誤差の状況

【教師値-出力値】で定義する最大誤差の収束状況を図1～3に示した。学習最大誤差の精度をそれぞれの基準化(1)～(3)に対して比較するため、各基準化の収束状況が安定している50回以降の学習最大誤差の平均値を計算

すると、基準化(1)[0.0-1.0]で0.28、(2)[-0.5-0.5]で0.27、(3)[0.1-0.9]で0.22になる。収束精度はこれにより図3の基準化[0.1-0.9]の方が最も良いことが分かる。また、各組の初期結合係数に対する学習での最大誤差の最小値を図4に示した。図4より最大誤差の最小値は入力層の基準化や初期結合係数の設定により異なるが、その最小値(図4中のMINで表示)に(3)[0.1-0.9]の場合が最も小さく、推定精度が高いことが分かる。

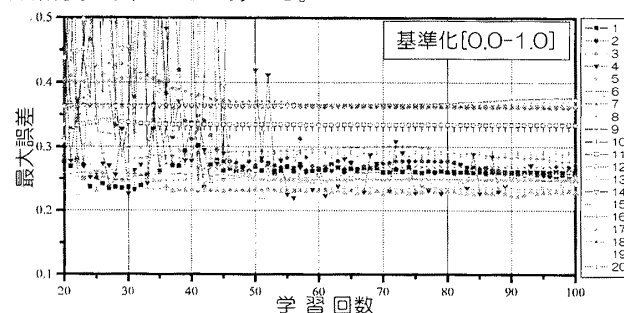


図1.基準化[0.0-1.0]における最大誤差

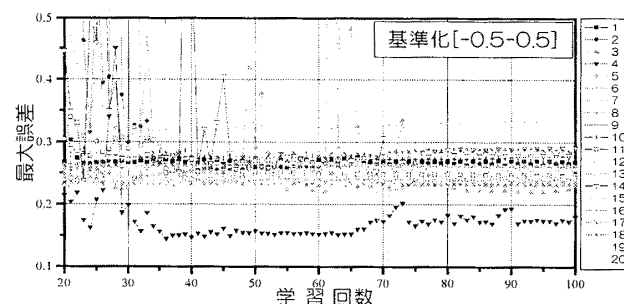


図2.基準化[-0.5-0.5]における最大誤差

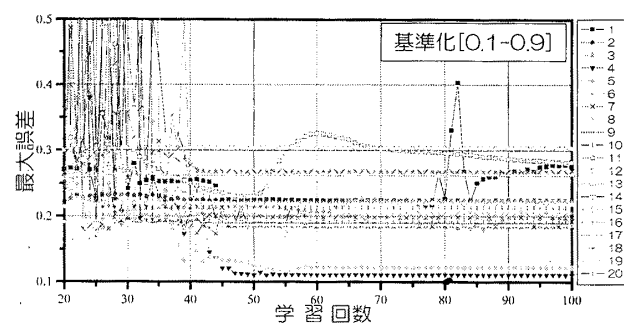


図3.基準化[0.1-0.9]における最大誤差

Study on prediction of non-linear by Neural Network

-Influence to prediction change in standardization range of input data

Won-Jik YANG, Yoshiaki NAKANO

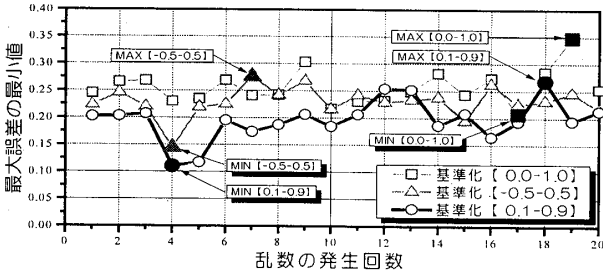


図 4.各学習の最大誤差の最小値状況

3.2 学習および推定の状況

図 4 に示す各基準化ごとに設定した 20 組の初期結合係数に対して行なった学習の内の最大誤差の最小値のそれぞれ最大値(図 4 中の MAX で表示)及び最小値(図 4 中の MIN で表示)のときの結合係数による 1 階の学習状況及び 2 階の推定状況を 600~1500 STEP まで図 5~8 に示した。同図から誤差が小さいほど学習及び推定精度が良好であること、また、全 STEP での学習及び推定精度を以下の定義で算出すると、誤差が最小となる基準化 [0.1~0.9] の場合の学習及び推定精度が最も良いことがわかる。ただし 600~1500STEP の区間では図 7 と図 8 に示す通り基準化[0.1-0.9]が最善とはならないが、これは本検討では全 STEP のデータに対して最大誤差を最小化するように NN の学習を行なっているためである。

$$\text{精度判定値} = \sum (|\text{教師値または目標値} - \text{推定値}|)$$

* 精度判定値は基準化[0.0-1.0],[-0.5-0.5],[0.1-0.9]の順に示す。

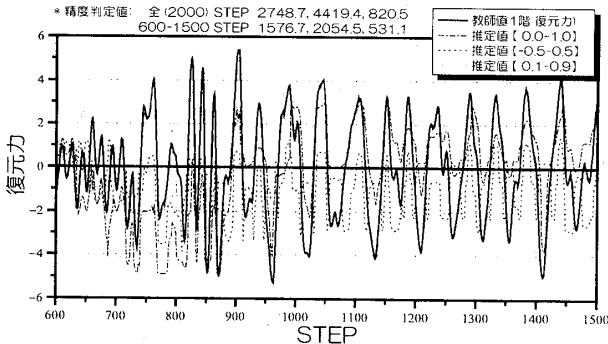


図 5. 各基準化の最大誤差の最大値での学習状況

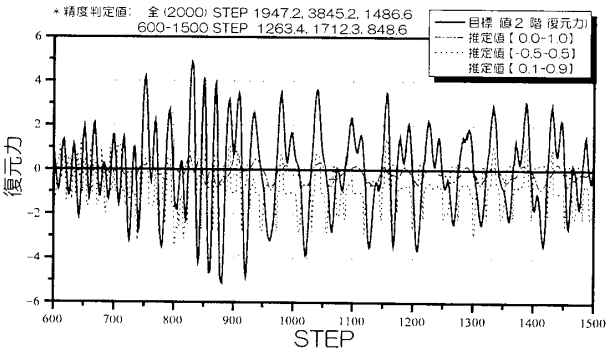


図 6. 各基準化の最大誤差の最大値での推定状況

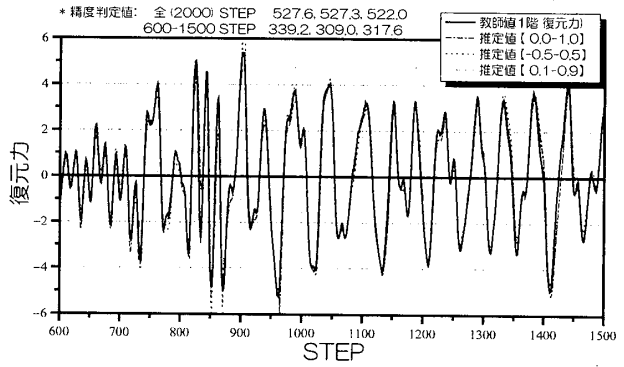


図 7. 各基準化の最大誤差の最小値での学習状況

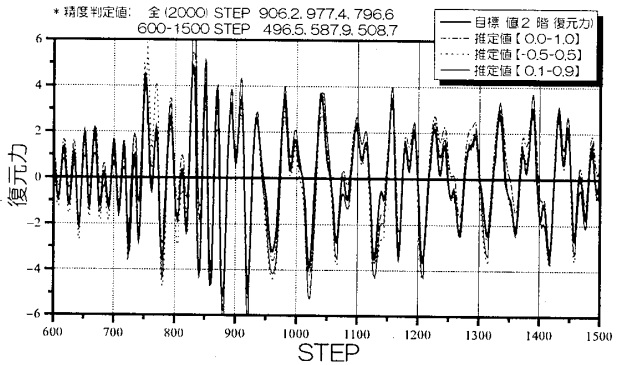


図 8. 各基準化の最大誤差の最小値での推定状況

4.まとめ

本検討により基準化の範囲に“0”を含む基準化[0.0~1.0],[-0.5~0.5]では“0”を含まない基準化[0.1~0.9]より最大誤差の収束精度が低下する事が分かった。その原因は入力層が“0”の場合、そのニューロンからの情報は第 2 層以降へ伝わらなくなるためである^[2]。また、ニューラルネットワークの学習は設定した誤差を満足すれば終了するアルゴリズムなので、最大誤差が小さい“0”を含まない基準化を用いる事によって学習時間を短縮出来ると考えられる。

[参考文献]

- [1]ニューラルネットワークによる履歴推定手法を用いたオンライン地震応答実験に関する研究(その 2)日本建築学会学術講演梗概集 1999 年 9 月
- [2]市川 紘「階層型ニューラルネットワーク(非線形問題解析への応用)」1993 年、共立出版株式会社
- [3]松田 泰治、樺山 義規、入江 達雄、高山 智宏「ニューラルネットワークの動的非線形問題への適用に関する研究」構造工学論文集 Vol.42A、pp635-644、1996

1)東京大学大学院院生

2)東京大学生産技術研究所 助教授・工博

Graduate Student :Univ. of Tokyo

Associate Professor :Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.