

I-202

ニューラルネットワークによる都市の地震災害ポテンシャル評価手法の開発

豊橋技術科学大学大学院 学生員 ○ 堀田 浩

同 上

石田裕久

豊橋技術科学大学 正 員 新納 格

同 上

正 員 栗林栄一

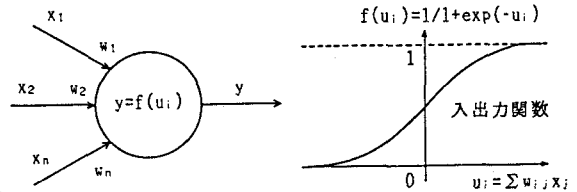
1. はじめに

都市の地震災害危険度を総合的に定量評価するには、地震時の被害の多様性、連関性、さらには地震が起こるであろう地域の特性を考慮する必要がある。それを考慮するには、各被害項目間、各被害項目とその各々を支配する地域特性項目との間の結合係数とも言うべき値をなんらかの手段で決定する必要がある。しかし、この結合係数を客観的に決定するには困難が伴い、主観やアンケートに負うところが多いというのが現状である。

そこで本研究では、当面は都市の地震災害危険度を相対的に定量評価することを念頭に置き、地域特性を含めた被害様相の連関をマクロに捉えたときの結合係数を決定する手法として、ニューラルネットワークの適用を試みる。今回の報告では、その適用についての現段階の状況と若干の考察を述べることにする。

2. アルゴリズムの概要¹⁾

ニューラルネットワークは、ニューロンのモデル、ネットワークの形態、学習アルゴリズムといった観点から分類される。本研究で用いたアルゴリズムは、逆伝播学習則(バックプロパゲーション)であり、そのニューロンモデルを図1に示す。



このアルゴリズムは図2に示されるようなネットワークに適用される。中間層は何層でもよいが、フィードバック結合のないネットワークを仮定する。学習は、以下の手順で行われる。

- ①入力層に、ある入力信号(0~1)を入力する。
- ②ニューラルネットワークのダイナミクスに従って、入力層から出力層に向かっての信号伝送過程に伴う、各ニューロンの状態変化を順次計算する。
- ③②の計算結果から得られる出力層の*i*番目のニューロンの出力を O_i とし、入力信号に対するそのニューロンの望ましい出力(出力教師信号)を d_i とすると、望ましい出力との二乗誤差は、

$$E = \sum (d_i - O_i)^2 / 2 \quad (1)$$

である。逆伝播学習則は、(1)式の二乗誤差を極小化するように、すなわち、実際の出力が望ましい出力に可能な限り近づくように、ネットワークの結合係数を変化させる。

- ④各結合係数の学習は、入力信号の伝播とは逆に、出力層から入力層へ向かって進行する。第*N*層の*i*番目のニューロンの学習信号 δ_i^N は、第(*N*+1)層の各ニューロンの学習信号 δ_k^{N+1} を用いて、(2)式に従って再帰的に計算される。

$$\delta_i^N = f_i'(u_i^N) \sum_k \delta_k^{N+1} w_{ki}^{N+1, N} \quad (2)$$

ここで、 u_i^N : 第*N*層の*i*番目のニューロンの内部状態 ($= \sum w_{ij}^{N, N-1} x_j^{N-1}$)

f_i : 同ニューロンの入出力関数 ($x_i^N = f_i(u_i^N)$), f_i' : f_i の微分値

δ の初期値、すなわち、出力層の学習信号 δ_i^0 は、(3)式で与えられる。

$$\delta_i^0 = (d_i - O_i) f_i'(u_i^0) \quad (3)$$

ここで、 u_i^0 : 出力層の i 番目のニューロンの内部状態

(3)式の初期値と(2)式により、出力層から入力層へ向かって、順次、学習信号の値が計算される。

⑤ある入力信号を提示して結合係数を変化させるプロセス(学習過程)を、色々な入力信号と対応する出力教師信号のセットに対して繰り返し行う。この各学習プロセスごとの結合係数の修正量は、④で求めた学習信号を用いて、(4)式で与えられる。

$$\Delta w_{ij}^{n,N-1}(n+1) = \eta \delta_i^N x_j^{N-1} + \alpha \Delta w_{ij}^{n,N-1}(n) \quad (4)$$

ここで、 n : 学習のタイムステップ、 η : 学習定数、 α : 安定化定数

3. 現段階の検討事項

ニューロンモデルは非線形式で表わされているため、上記のアルゴリズムを被害様相の連関モデルに適用するにはその連関を非線形関係で定式化する必要がある。つまり、一つのニューロンが一つの被害様相であると仮定するわけである。したがって、入力信号は地震動の強さ、出力教師信号は3次災害の被害程度とし、その値を過去の被災事例で与えるのが最も素直な適用であると考えられる。それは、過去の地震災害の被害程度を望ましい出力値とし、その出力値に限りなく近づく各結合係数を求めるということである。しかし、このニューラルネットワークの入出力値は0～1であり、この場合、地震動の強さと3次災害の被害程度をその0～1で規格化する手段が必要となる。また、さらにこの場合には、1次、2次災害が中間層のニューロンとなるわけで、中間層にも出力教師信号を与えないと、過去の被災事例を表わすにふさわしい連関モデルの結合係数は求まらないことになる。中間層に出力教師信号を与えることは、本来のアルゴリズムと異なってしまうわけであるが、理論上はそれが可能と考え、本研究ではその可能性を検討した。その計算結果の一例を図3に示す。結合線に並行する数値は、その結合係数の学習結果で、ニューロン上部の数値は、閾値のそれである。(アルゴリズムの説明の中では、簡単のために閾値は省略してある。)なお今回の検討においては、どのニューロンがどの被害様相を表わすとかは、考慮しておらず、単にアルゴリズムの変形が可能かどうかの検討に留まっている。

4. まとめ

今回の検討で、アルゴリズムの変形によっても結合係数が求まることがわかった。これにより、被害程度等を0～1に仮定する手段を決定すれば、過去の被災事例による連関モデルの結合係数が求まると考えられる。ただしこれは、入力、教師信号の組が一つの場合であるため、複数の組、すなわち複数の過去の被災事例に基づく結合係数を求めるための検討が必要である。

参考文献

- 1) 合原一幸：ニューラルコンピュータ，東京電気大学出版，1988.6.20.
- 2) 中野馨他：入門と実習 ニューロコンピュータ，技術評論社，1989.10.16.
- 3) 甘利俊一 監訳：PDPモデル 認知科学とニューロン回路網の探索，産業図書，1989.5.30.

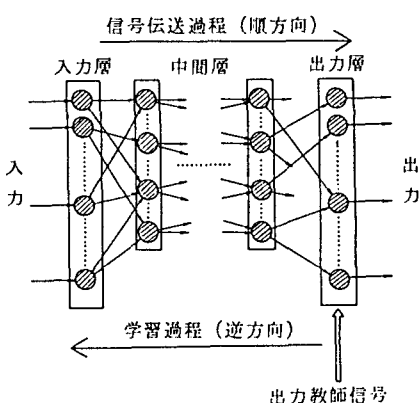


図2 逆伝播学習則

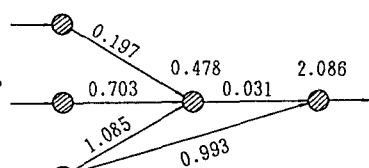


図3 計算結果の一例